

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA

**EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DE  
BIOLOGIA COM A CLONAGEM COMO TEMÁTICA**

**CLÁUDIA REGINA DOS ANJOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, em cumprimento parcial para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Nadir Ferrari

Florianópolis, setembro de 2005.

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS – CFM  
CENTRO DE EDUCAÇÃO – CED  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CCB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA – PPGET

EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DE  
BIOLOGIA COM A CLONAGEM COMO TEMÁTICA.

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica, pela Banca Examinadora formada por:

---

Dr<sup>a</sup>. Nadir Ferrari – Orientadora/UFSC

---

Dr<sup>a</sup>. Yara Christina Cesário Pereira – Examinadora/UNIVALI

---

Dr. Demétrio Delizoicov – Examinador/UFSC

---

Dr<sup>a</sup>. Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli – Suplente/UFSC

Florianópolis, Santa Catarina, setembro de 2005.

**Á ÁUREA TEREZA DOS ANJOS e CLÁUDIO  
JOÃO DOS ANJOS** *(in memoriam)*

Meus pais, por ensinar-me a trilhar o caminho da honestidade, da sabedoria e do amor.

**AO** meu esposo **JAIR** e meus filhos **JULIANA**  
e **JAIR EMANUEL**

Pelo amor, carinho, compreensão, respeito, companheirismo, dedicados a mim em todos os momentos da minha vida. Por significarem os alicerces da minha existência.

## SUMÁRIO

### AGRADECIMENTOS

### RESUMO

### ABSTRACT

### INTRODUÇÃO ..... 01

### CAPÍTULO I – CATEGORIAS DA EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA E DA EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA FREIRIANA NORTEANDO A PESQUISA EM ENSINO DE BIOLOGIA. .... 07

#### I.1 Reflexões Epistemológicas. .... 07

#### I.2 Reflexões sobre educação Científica ..... 19

### CAPÍTULO II – A CLONAGEM NA NATUREZA, NO LABORATÓRIO, NA BIOÉTICA E NO ENSINO. .... 40

#### II. 1 A Clonagem como Fenômeno Biológico e como Técnica. .... 40

#### II. 2 A Clonagem Reprodutiva ..... 47

#### II. 3 A Clonagem Terapêutica e os Sinais de Esperança. .... 51

#### II. 4 Reflexões Éticas: Caminhos que Contribuem para Decisões. .... 58

#### II. 5 Por quê esse Tema no Ensino? ..... 62

### CAPÍTULO III – CONHECIMENTOS E OPINIÕES DE ESTUDANTES SOBRE CLONAGEM E TEMAS RELACIONADOS. .... 67

#### III. 1 Elaboração do Instrumento e Caracterização da População Estudada. ... 67

#### III. 2 Aplicação do Instrumento, Resultados e Análises. .... 70

### CAPÍTULO IV – UMA PROPOSTA DE ENSINO EM BIOLOGIA NA PERSPECTIVA DA EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA. .... 87

#### IV. 1 Projeto Movimento de Reorientação Curricular. .... 98

#### IV. 2 Proposta de Educação Problematizadora no Ensino de Biologia nas Limitações Impostas pelo Sistema Disciplinar. .... 102

#### IV. 2.1 Exemplo de uma Seqüência Didática que pode ser Elaborada a partir da Redução Temática. .... 114

IV. 2.1. 1 Situação Significativa .....	114
IV. 2.1. 2. Conteúdos a Serem Trabalhados. ....	117
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.</b> .....	124
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b> .....	129
<b>ANEXOS.</b> .....	139
Anexo 1 – Questionário aplicados com alunos do 2º ano do ensino médio;	140
Anexo 2 – Roteiro da entrevista semi-estruturada;	144
Anexo 3 - Representação da entrevista.	145
Anexo 4 – Sumário do livro didático: LOPES, S.	149
Anexo 5 - Programa de ensino de Biologia da Proposta Curricular de Santa Catarina (1998).	152
Anexo 6 - Texto Cópia Fiel.	154
Anexo 7 - Textos: Do ovo ao homem; Clonagem de plantas.	158
Anexo 8 - Texto: tecnologia na reprodução humana.	162
Anexo 9 - Textos: Entendendo a herança genética, Tecnologia e Saúde.	164
<b>Anexo 10</b> – Texto: Lei não cura ninguém.	172

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por representar um norte, uma energia, forças na busca dos meus ideais.

À Professora Dr<sup>a</sup> Nadir Ferrari, minha orientadora, por acreditar no meu potencial inserido nas minhas limitações. Amiga, companheira, admirável pessoa que me proporcionou muitos momentos epistemológicos inesquecíveis.

À Professora Dr<sup>a</sup> Yára C. Cesário Pereira, por ser uma das maiores incentivadoras do meu trabalho, por ser uma grande amiga e por fazer parte da minha história.

Às professoras Dr<sup>a</sup> Vivian Leyser da Rosa, primeira professora que conheci no NUEG, e Dr<sup>a</sup> Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli pelo incentivo e ombro amigo com os quais tive o prazer de contar durante toda essa caminhada.

A todos os professores e colegas de turma, do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, do Centro de Ciências da Educação, da UFSC, com os quais participei das aulas e adquiri maturidade acadêmica. Em especial ao professor Dr. Demétrio Delizoicov que com sua sabedoria e conhecimentos freirianos me permitiu obter um novo olhar para a educação.

Aos professores Dr. José André Peres Angotti e Dr. Luiz O. Peduzzi que, com suas aulas de epistemologia da ciência, mostraram-me os primeiros caminhos a trilhar nesta investigação.

Aos meus familiares, à minha irmã Marilene em especial, às minhas amigas Silvana e Lúcia, aos meus amigos do carteadado, obrigada pelo incentivo e compreensão de minhas ausências.

À toda a equipe de funcionários da Secretaria Municipal de Educação de Itapema, representados aqui pela Secretária Municipal de Educação Rosane Machado Cruz, pelo incentivo constante e pela compreensão diante das ausências, angústias e ansiedades.

Ao meu amigo, Clóvis José da Rocha, Prefeito Municipal de Itapema, por acreditar na minha capacidade profissional e me possibilitar socializar estes saberes em uma função pedagógica na Secretaria Municipal de Educação.

À direção, equipe pedagógica e estudantes do 2º ano do ensino médio matutino, da Escola de Educação Básica, Prefeito Olegário Bernardes, por possibilitarem a realização desta pesquisa.

E certamente, à UFSC, por me acolher e me permitir realizar o sonho de estudar nesta universidade.

## RESUMO

A presente pesquisa tem por objetivo oferecer encaminhamentos que possibilitem o acesso de estudantes do ensino médio a novas formas de aprendizagem em biologia, especialmente em genética, que permitam estabelecer relações entre os conhecimentos científicos veiculados pela mídia e pela escola, os conceitos básicos desenvolvidos nas aulas de biologia e as questões cotidianas. Por conta disso, buscamos saber que conhecimentos estudantes do ensino médio possuem sobre clonagem, que relações estabelecem entre esta temática, os conceitos básicos de biologia e questões do cotidiano, bem como conhecer a opinião destes estudantes sobre a pertinência do uso do tema em aulas de biologia. Estes dados foram obtidos através da aplicação de um questionário e realização de entrevistas com estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública estadual no município de Itapema. As categorias de análise do questionário e da entrevista foram: meio formal/informal de acesso à temática, clareza conceitual, presença de obstáculos epistemológicos e determinismo genético e tecnológico, bem como relevância do tema no ensino. Os referenciais teóricos principais foram as categorias epistemológicas de Bachelard - obstáculos epistemológicos e ruptura - as categorias educacionais de Freire - dialogicidade e problematização - e ainda conhecimentos atuais sobre clonagem. Partimos do pressuposto de que a Abordagem Temática e a Metodologia Problematizadora são ferramentas importantes na orientação e elaboração de um programa de ensino que rompe com a abordagem conceitual tradicionalmente adotada nos currículos escolares e apresenta novas formas de tratar o conhecimento sistematizado. Verificamos a falta de interação entre o que se aprende na escola e o que se vive no dia-a-dia, a falta de embasamento teórico e a tendência em fazer uso de crenças e senso comum nas tomadas de decisões. Relacionamos estas dificuldades com a presença dos obstáculos epistemológicos que foi com frequência percebido na fala dos estudantes entrevistados. Organizamos a programação de ensino baseada nos princípios conceituais da educação problematizadora de Paulo Freire, nos aproximando da quarta etapa de sua investigação temática, adaptando as idéias de Gouvêa nesta elaboração. Propomos situações didáticas por meio da metodologia dos três momentos pedagógicos.

Palavras chave – Ensino de Biologia, educação problematizadora, abordagem temática, clonagem.

## **ABSTRACT**

The aim of this research is to make a contribution towards the access of high school students to new ways of learning biology, especially genetics, allowing the establishment of relations between the scientific knowledge shown by the media and that learned at school, and the basic concepts developed during biology classes and daily questions. This provides the motive for attempting to discover what kind of knowledge high school students have about cloning, the relationships between this theme, the basic concepts of biology and daily questions, and also their opinion about the relevancy of this theme in biology classes. This data was obtained through questionnaires and interviews with students, in their second year of high school study, in the questionnaire and interview were: formal and informal strategies of access to the theme, conceptual clarity, the presence of epistemological obstacles, genetics and technological determinism, and the importance of the theme in education. The main theoretical references were Bachelard's epistemological categories (epistemological obstacles and rupture), Freire's educational categories (dialogicity and problematizations) and current knowledge about cloning. We began from the estimate that the thematic approach and the methodology of problematization are important tools in the orientation and development of an educational program which breaches the conceptual approach traditionally adopted in school curriculums and presents new ways of using systemic knowledge. We verified a lack of interaction between what is learnt at school and what is lived day by day, a lack of theoretical basis and a tendency to use common sense and beliefs when making decisions. We related these difficulties with the presence of epistemological obstacles which were often observed during the interviews. We organized an educational program based on the conceptual principles of Paulo Freire's problematizing education, approaching the fourth stage of his thematic investigation and adapting Gouvêa da Silva's ideas in this elaboration. We considered didactic situations through the methodology of the three pedagogical moments.

Keywords: Biology teaching, Paulo Freire, dialogic education, cloning.

## INTRODUÇÃO

Esta pesquisa trata do ensino de biologia, mas tem o propósito de fornecer subsídios para o ensino de outras áreas das ciências naturais.

A idéia surgiu em 1997, ano em que concluí a graduação e tive como compromisso escolher uma temática e desenvolver um projeto de pesquisa no ensino de biologia, para o trabalho de conclusão de curso - TCC, que era parte da disciplina de Prática de Ensino sob a forma de Estágio Supervisionado.

Durante o Curso de Licenciatura em Ciências, Habilitação Plena em Biologia, na Univali, Universidade do Vale do Itajaí, identifiquei a genética como a área da biologia que mais despertava meu interesse. A biotecnologia de clonagem estava em evidência na mídia à época em que iniciei o TCC, devido à repercussão do trabalho de Wilmut e colaboradores (1997). As potencialidades deste tema, como motivador de discussões sobre conteúdos de biologia e de bioética, levaram-me a estudar uma forma de ensiná-lo. O trabalho, intitulado Possibilidades de Avanços no Ensino de Biologia, envolveu a elaboração e aplicação de um instrumento de ação pedagógica, com o objetivo de oferecer possibilidades e encaminhamentos para a compreensão do fenômeno clonagem. Este instrumento continha aspectos teóricos sobre a técnica de clonagem que levou à obtenção da ovelha Dolly, um breve histórico sobre diferentes tipos de clonagens, já efetuadas em outros organismos, os conceitos básicos para compreensão do fenômeno e a produção de um material didático em moldes de papel. Os procedimentos de ensino eram divididos em três momentos. Os dois primeiros eram: exposição de painéis e transparências com explicações do processo de clonagem; manuseio de moldes em papel duplex ilustrando as etapas da técnica e discussão de questões problema apresentadas. No terceiro momento, os estudantes produziam, em grupos, um documento escrito contendo o relato das atividades e as respostas das questões formuladas.

O projeto foi aplicado durante o último período do curso com os colegas da minha turma de graduação, durante a disciplina de Prática de Ensino. Após assistirem a exposição, os estudantes receberam moldes, para simular a técnica de transferência nuclear (clonagem) em ovelhas e de bipartição de embriões em vacas. Durante o manuseio por eles, era feita a problematização com base nas questões

formuladas. Como estávamos com uma turma de estudantes que já atuavam como professores ou em fase de estágio, discutimos as respostas dadas em um grande debate. Essa seqüência didática foi avaliada de forma muito positiva pela turma e pela professora responsável pela disciplina. Muitos destacaram que iriam usar o material em suas aulas.

Esse instrumento didático foi aplicado ainda outras vezes em minhas aulas de biologia, com turmas de 1º ano do ensino médio e com turmas de 3º ano, em uma escola pública de ensino médio em Itapema, SC, para introduzir o conteúdo divisão celular e/ou genética. Iniciava a aula problematizando a clonagem como forma de reproduzir mamíferos, os tipos de células envolvidas, os possíveis resultados a serem obtidos com a técnica, como ocorria nesses casos a herança genética. Esses conceitos estavam envolvidos nas questões a serem respondidas por eles, que eram registradas antes da discussão. O material era distribuído em grupos de três ou quatro, os estudantes eram convidados a simular a obtenção de clones de embriões e clones de células adultas, sem explicação inicial, apenas apontando possibilidades, para fazê-los pensar nos nomes dados às duas formas de clonar. Após muitas discussões e tentativas, os estudantes participavam da aula expositiva sobre o tema e depois respondiam as questões propostas no início, cujas respostas constituíam a avaliação escrita. Essas questões tinham um caráter desafiador e ao mesmo tempo analítico do processo de clonagem, resgatando também conceitos de citologia e genética. Durante o momento de responder a essas questões os estudantes faziam uso constante do material didático, para entender os processos e buscar as respostas.

Meu interesse pela genética se manteve durante os onze anos de docência e, motivada pelos temas da atualidade propostos para o ensino de biologia, em 1999, participei do Curso de Capacitação para Professores do Nível Médio – Área Biologia – Programa Pró-Ciências, ministrado na FURB com financiamento da Capes, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Nesta caminhada como professora de ciências e biologia, foram inúmeras as tentativas em busca de novas formas de ensinar que me fizessem sair da inércia da prática educativa irreal, delineada pelo livro didático, ministrada da mesma forma em diferentes turmas. Uma das tentativas de superar essa ação pedagógica foi ensinar conhecimentos científicos e conceitos básicos da disciplina a partir de temas atuais, tais como a clonagem. Da análise de minha prática, surgiu a intenção de cursar o

mestrado e pesquisar possibilidades de organizar ações pedagógicas a partir deste tema.

Leituras de documentos oficiais, como a Proposta Curricular de Santa Catarina (1998) e os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (1999) e (2002), reforçavam essa intenção de ensino, mas foi durante o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC, que encontrei referenciais teóricos, educacionais e epistemológicos para estruturar e alicerçar minha investigação. Percebi que questões como: “por quê, o quê, como e para quem ensinar?” norteiam as ações pedagógicas e, para mim, passaram a ser freqüentes ao organizar uma programação de ensino.

A abordagem temática e a metodologia problematizadora revelaram-se ferramentas importantes na elaboração de um programa de ensino, pois rompem com a abordagem conceitual tradicionalmente adotada nos currículos escolares da disciplina de biologia e podem tornar o ensino significativo para o estudante, portanto, são as categorias fundamentais de meus principais referenciais teóricos.

O número de pesquisas na área do ensino de genética no Brasil ainda é considerado pequeno em relação a outras áreas da biologia e seus resultados, em geral, não alteram a prática escolar, pois o ensino de genética continua sendo abordado de forma descontextualizada<sup>1</sup>. Um levantamento feito por Nascimento (2003), dos trabalhos sobre ensino de genética publicados em anais de congressos da área, como: Encontros Nacionais de Pesquisas em Educação e Ciências (ENPEC), Encontros Perspectivas do Ensino de Biologia (EPEB), Congressos Nacionais de Genética (CNG), entre 1988 e 2002 revelou um número crescente de publicações, que somam neste período, cerca de cem trabalhos publicados. Nesses trabalhos são relevantes as preocupações dos pesquisadores em verificar como a genética está sendo levada para a sala de aula e como professores e estudantes entendem os mais variados temas.

Em minha revisão bibliográfica, nos bancos de teses e dissertações da Capes e Unicamp, não encontrei pesquisa sugerindo o tema clonagem como proposta para desenvolver a aprendizagem de conceitos básicos de genética numa estrutura de programa de ensino. Encontrei um trabalho propondo o tema clonagem em sala de aula como uso didático de um texto de divulgação científica, (NASCIMENTO et al.

---

<sup>1</sup> Considerando os trabalhos nos bancos de teses da Capes e da Unicamp (período 1997- 2003) e levantamento feito por Nascimento (2003).

2004), um de produção de texto com o tema clonagem como material alternativo (FERRARI 2002), e outro com o tema clonagem analisando representações sociais de estudantes e professores do ensino médio sobre clonagem (VIANA, 2003). Constatamos que este tema é pouco utilizado no ensino e que a maioria dos trabalhos que envolvem o tema clonagem abordam aspectos biotecnológicos e são pesquisas experimentais o que caracteriza e justifica a presente pesquisa. A escolha da temática torna relevantes as seguintes questões:

**O que pensam os estudantes do ensino médio sobre o tema clonagem e sobre esta temática no ensino de biologia?**

**O tratamento de temas como a clonagem em aulas de biologia pode contribuir com um aprendizado que relacione conhecimento científico e vida cotidiana no sentido de permitir que o estudante faça uso destes saberes para resolver problemas de sua vida?**

**Como possibilitar o acesso dos estudantes do ensino médio a novas formas de aprendizagem em biologia que os auxiliem na resolução de problemas do dia-a-dia e na formação de conceitos em genética e outras áreas da biologia, transcendendo seu universo conceitual?**

**Como tratar o saber em biologia na sala de aula de modo a possibilitar que o estudante aprenda a transitar no seu dia-a-dia, entre conhecimento científico e senso comum de acordo com cada contexto onde estiver inserido?**

A pesquisa foi delineada no sentido de investigar que conhecimentos estudantes do ensino médio possuem sobre clonagem, que relações estabelecem entre a temática clonagem, os conceitos básicos em genética e outras áreas da biologia e ainda, questões do cotidiano. Para tanto, se fez necessário também conhecer a opinião dos estudantes sobre a pertinência do uso do tema em aulas de biologia. Com base nos dados obtidos iremos sugerir uma forma de abordar o programa de ensino de biologia, centrada no tema clonagem, na perspectiva da educação problematizadora, na intenção de possibilitar outras formas de entendimento de ciência a estudantes e professores, e para que eles possam perceber a ciência como produção humana, permeada de erros, incertezas, persistência, estímulo, descasos e algumas vezes sucesso. É função do ensino de ciências garantir este caráter, esta dimensão da ciência, como processual, coletiva e histórica, bem como estimular os professores a estudarem esta abordagem como possibilidade de desenvolver uma proposta de aprendizagem significativa, que “não

*é sinônimo de aprendizagem correta, é a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio, através da qual o novo adquire significado e o prévio se torna mais diferenciado, mas rico, mais elaborado". (MOREIRA apud PEDUZZI, 1997, p.223)*

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos.

No primeiro é apresentado o embasamento teórico que sustenta as idéias defendidas nesta investigação. Inicialmente, são apresentadas algumas idéias sobre os processos de ensinar e aprender ciências, com base em minha experiência em sala de aula e estudo da literatura. Pontuamos aspectos educacionais e epistemológicos que discutem e sinalizam caminhos para o entendimento e busca de soluções quanto às dificuldades da dinâmica de sala de aula. As idéias de Bachelard, de Paulo Freire e de alguns de seus seguidores comentadas nesse capítulo embasarão a proposta de ensino que constituirá o capítulo quatro. Propostas e parâmetros para programação do ensino em Biologia, contidas nos documentos oficiais de educação, serão também comentados.

O segundo capítulo trata, sucintamente, dos conhecimentos atuais sobre clonagem de diversos organismos, alguns aspectos éticos e educacionais e suas aplicações. Esse relato procura mostrar o conhecimento científico como uma produção humana e coletiva.

O terceiro capítulo descreve a elaboração e aplicação do instrumento de coleta de dados junto aos estudantes e apresenta a análise dos resultados obtidos mediadas pelas categorias de análise selecionadas e pelos objetivos estabelecidos. Apresentamos também resultados de algumas pesquisas no ensino de biologia que apresentam aspectos relevantes como dados para nossa investigação.

Os dados obtidos no terceiro capítulo foram essenciais para alcançarmos nosso objetivo no quarto capítulo, de organizar saberes em genética e biologia para estudantes do primeiro ano do ensino médio, numa programação de ensino baseada nos pressupostos educacionais e epistemológicos da educação problematizadora a partir da abordagem temática. Organizamos essa programação de ensino procurando nos aproximar da quarta etapa da investigação temática de Paulo Freire, quando ele propõe a redução temática. Numa adaptação das idéias de Gouvêa, utilizamos as falas dos estudantes como critérios na seleção dos conteúdos. A partir dessa programação que sugerimos para o ano letivo, propomos ainda a metodologia dos três momentos pedagógicos como uma das possibilidades de articular

conhecimentos prévios, conhecimentos atuais, conceitos básicos da disciplina e superação dos obstáculos epistemológicos e pedagógicos na dinâmica de sala de aula, para conduzir educador e educando a ensinar e aprender.

Por fim, são apresentadas as considerações finais e perspectivas de pesquisas a partir dos encaminhamentos sugeridos na aplicação desta programação de ensino em biologia.

# **I. CATEGORIAS DA EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA E DA EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA FREIRIANA NORTEANDO A PESQUISA EM ENSINO DE BIOLOGIA.**

Neste capítulo estaremos pontuando alguns aspectos da epistemologia e da educação que no nosso entendimento caminham juntos quando pensamos e propomos o ensino numa dimensão gnoseológica. No sentido freiriano, este ensino articula origem do saber, pelo viés epistêmico e conhecimento do ser como social, coletivo e não neutro, ou seja, *Freire defende o diálogo entre o conhecimento dos educandos e dos educadores como uma das características fundamentais do ato educativo que visa a transformações* (DELIZOICOV, 2002, p.195). Pretendemos delinear nossos estudos nessa linha de pesquisa e obter um novo olhar que subsidie o tratamento tanto da sistemática dos conteúdos de ensino em biologia, quanto do processo de ensino e aprendizagem destes conteúdos em sala de aula.

Algumas das idéias do filósofo francês Gaston Bachelard (1884-1962) contidas na obra “*A Formação do Espírito Científico*”, serão o enfoque da primeira parte do presente capítulo. Na segunda parte estaremos centrando nossos estudos na concepção de educação de Paulo Freire (1921-1997) especialmente nas idéias contidas no livro “*Pedagogia do Oprimido*”, e comentando a organização curricular de Biologia contida em documentos oficiais. Essas idéias e fundamentos serão os alicerces de nossas ações nas várias etapas da pesquisa.

## **I. 1 - Reflexões Epistemológicas**

Optamos por apresentar a epistemologia de Bachelard (1996) por ter sido ele, além de filósofo e historiador das ciências, também professor. Sua vivência em sala de aula lhe permitiu transitar entre conhecimento científico e conhecimento pedagógico. Este fato nos aproxima do autor, por compartilhar, mesmo que em outras épocas, de experiências semelhantes às nossas. Bachelard ensina como inquietar nossa própria razão e desfazer nossos hábitos, valorizando as perguntas mais que as respostas. “*Foi, entre os epistemólogos contemporâneos, sem dúvida, o que mais explicitamente relacionou elementos de sua teoria com o processo de*

*ensinar e aprender em sala de aula*” (COSTA, 2003, p.70).

As dificuldades pedagógicas, no nosso entendimento, estão muito relacionadas com a visão de ciências dos professores e estudantes e com a visão de ensino vinculada ao uso que se faz do saber. Constatamos que um embasamento teórico epistemológico é a base para a compreensão do conhecimento científico e representa uma ferramenta indispensável em aulas de ciências naturais. A partir deste pressuposto procuramos associar as dificuldades no processo ensino e aprendizagem com algumas das idéias de Bachelard, que explicam como ocorre a construção do conhecimento científico e cabem no contexto da comunidade científica e no contexto escolar. As categorias de análise de Bachelard apontam para a origem das dificuldades pedagógicas de ensinar e aprender ciências, que justificam a falta de compreensão tanto por parte dos estudantes pelos saberes ensinados como por parte dos professores por não entenderem porque seus estudantes não aprendem.

Ousamos dizer que foi Bachelard o epistemólogo que, de uma forma mais pontual, apresentou possibilidades de ensinar e aprender ciência, ao colocar a substituição do senso comum, pelo rompimento, enfrentamento e superação dos obstáculos postos por saberes já estabelecidos como condição para que os novos conhecimentos venham a consolidar uma cultura científica que mantém viva a chama do processo de contradizer conhecimentos anteriores. Ao mesmo tempo que nos tranqüiliza, quando deixa claro que aprender ciência não é tarefa fácil, porque a razão em processo de revolução permanente exige de quem ensina constante vigilância epistemológica, nos preocupa, por mostrar a dimensão do desafio que enfrenta o educador quando é comprometido com a construção do conhecimento científico pelo estudante. Quando colocamos que nos tranqüiliza, estamos nos referindo a uma das falsas premissas colocadas no cotidiano escolar, referente à possibilidade de qualquer pessoa ser capaz de dar aula de ciências por tratar-se de conhecimento fácil, “*é só ler o livro e explicar em sala*”. Por várias vezes ouvimos isso e contestamos. Se pensarmos num ensino por transmissão, essa premissa é aceita e aplicada em sala de aula, quando negamos este tipo de ensino, temos o compromisso de refutar colocações como esta, nos “desnudar” de posturas tradicionais no ensino e assumir uma “roupagem” investigadora.

Para Bachelard, o perigo de ensinar ciências como processo contínuo entre conhecimento comum e conhecimento científico é o de que os professores passem a

idéia de ciência como um refinamento das atividades do senso comum, extremamente acessível, simplificando o conhecimento, vulgarizando-o e proporcionando equívocos na sua compreensão. Bachelard enfatiza o prazer em aprender que é gerado quando são vencidas as dificuldades de adquirir o saber científico.

Bachelard discutiu questões epistemológicas tanto na física, quanto na matemática e na química, licenciou-se em matemática e lecionou física e química no ensino secundário em sua cidade natal *Bar-sur-Aube*, na Champanha - interior da França, (1919-1930) o que fez dele um filósofo constantemente preocupado com o ensino e referência para professores e pesquisadores em ensino de ciências (LOPES, 1996).

As ciências biológicas eram consideradas por Bachelard como mais limitadas por tratarem de seres vivos. Ele não viveu o suficiente para acompanhar a evolução dos conhecimentos nesta área. Georges Canguilhem (1904-1995) inspirou-se nos ensinamentos de Gaston Bachelard para refletir sobre o conhecimento na área das ciências biológicas, assumindo que a biologia não é uma ciência como as outras e que a história da biologia evidencia a especificidade dos organismos vivos, no sentido de que a morte, a doença e a capacidade de restabelecimento diferenciam o ser vivo da existência bruta.

Bachelard (1996) ressalta a necessidade dos professores conhecerem as concepções prévias dos estudantes, isto é, seus conhecimentos anteriores ao processo de ensino e coloca a problemática dos obstáculos pedagógicos, que são os obstáculos que impedem o professor de entender porque o estudante não compreende. *“Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda”* (BACHELARD, 1996 p.23).

Considerando a epistemologia importante para o ensino de ciências e sinalizando para o reexame dos instrumentos elaborados para investigação sobre a concepção de ciência dos professores, Cunha (2003) enfatiza que o desenvolvimento de propostas inovadoras para melhorar o processo de ensino e aprendizagem das ciências pode estar na dependência da modificação da epistemologia do professor.

Para Ramos (2003) o professor deve ser epistemólogo de si mesmo, refletindo epistemologicamente, o que significa exercer um olhar crítico, no sentido

de compreender e conscientizar-se sobre esse conhecimento.

Uma das contribuições fundamentais da epistemologia bachelardiana para o ensino é a forma de ver o erro na construção do conhecimento científico, a condição de retificação, porque Bachelard defende que precisamos errar em ciência, pois o conhecimento científico só se constrói pela retificação desses erros. O erro passa a assumir uma função positiva na origem do saber, na forma de compreensão deste saber e a própria questão de verdade absoluta se modifica. No cotidiano escolar, infelizmente, vivenciamos o erro como um fato lamentável, destrutivo e visto como motivo para certos tipos de punição ao estudante, que por sua vez, se oprime e se omite, não vencendo esse obstáculo. Essas idéias de Bachelard serão consideradas na análise dos resultados obtidos com os questionários e entrevistas e ainda no momento de elaboração da proposta de programação de ensino.

Bachelard enfatiza que conhecer verdades faz o indivíduo entender as progressivas construções racionais e que conhecer os erros permite entender o que obstrui o conhecimento científico. Para ele, esta forma de perceber e entender verdades e erros ocorre na construção do saber na comunidade científica e é entrave presente também no processo de aprendizagem.

Para Bachelard, o avanço da ciência se dá por um processo constante de descontinuidade e rupturas, sendo a ruptura um não aos erros do passado. *“O ato de conhecer se dá contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização”* (BACHELARD, 1996, p.17).

Para conseguir convencer o estudante a colocar seus conhecimentos prévios em dúvida, fazê-lo verificar, justificar e conduzi-lo a uma metodologia que provoca observações, reflexões e pesquisa, distanciando-o daqueles saberes que o satisfaziam, é preciso vencer resistências. Quando a experiência contradiz a evidência do que ele acreditava, ele resiste tão obstinadamente à recolocação da questão que prefere criticar os instrumentos. Nas aulas de Biologia, esse fato ocorre com uma certa freqüência, como, por exemplo, quando teorias relacionados à origem e evolução da vida provocam no estudante reações do tipo *“ele não conseguiu criar um ser vivo no laboratório professora, porque não se cria com substâncias nos vidros, só Deus consegue criar seres vivos”*; *“O macaco que originou o homem, por isso eles são parecidos”*; *“O homem não surgiu do macaco, foi a Eva que veio da costela de Adão e eles foram fazendo os filhos”*. Em uma

situação vivenciada por mim em sala de aula ocorreu, quando discutimos um caso de Fissura Labial, o estudante afirmou que uma mãe conhecida dele, que teve seu primeiro filho com esse problema, recebeu o castigo de Deus, por ter se negado a namorar um rapaz na juventude com essa má formação.

Momentos como os descritos acima são ricos, pois permitem a efetiva mediação do professor, por meio da problematização, quando considera o estudante sujeito de sua própria aprendizagem, portador de saberes e experiências trazidas de sua vivência. Por conta disso, pode ser estabelecida a dinâmica de grupos, em que a sala de aula passa a ser espaço de trocas reais entre os estudantes e entre eles e o professor. Nessa perspectiva, novos desafios constantemente se apresentam, entre eles, tornar a aprendizagem dos conhecimentos científicos em sala de aula prazerosa e significativa para todos os participantes, ou seja, para professores e estudantes, é saber transformá-la em, *“um projeto coletivo, em que a aventura em busca do novo, do desconhecido, de sua potencialidade, de seus riscos e limites seja a oportunidade para o exercício e o aprendizado das relações sociais e dos valores”* (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p. 153).

Como afirma Snyders (1988), é preciso definitivamente renunciar ao sonho de uma ciência cômoda porque conhecimentos oriundos dos afazeres domésticos, pelo “treino natural”, pelo simples bom senso, pela observação comum, não constituem o melhor caminho rumo à ciência. *“A satisfação científica é uma satisfação difícil que não se inscreve de maneira nenhuma uniformemente no prolongamento das alegrias da cultura primeira”*. Em outras palavras o prazer de aprender o conhecimento científico é um prazer difícil porque não está na dependência de se estender prazeres adquiridos no uso do senso comum.

Bachelard (1996), não nega a produção social do conhecimento, sua crítica se dirige à idéia da existência de um fio condutor de influências ao longo da história, enfatiza constantemente a categoria da descontinuidade em oposição à visão cumulativa que o empirismo lógico atribui à produção do conhecimento. O importante é conhecer o presente para julgar o passado e não ver o passado como idéias embrionárias do presente. A evolução do pensamento científico se processa contra obstáculos epistemológicos, que tendem a constituir-se como pontos de resistência do pensamento ao próprio pensamento (LOPES, 1996, p.263).

Os obstáculos epistemológicos e as rupturas podem ser estudados tanto no desenvolvimento histórico do pensamento científico como também na prática da

educação. De acordo com Bachelard (1996), essa categoria pode ser verificada em aulas de ciências e caracteriza-se por originar as dificuldades que nossos estudantes apresentam em apropriar-se do conhecimento e que bloqueiam a transferência destes conhecimentos no âmbito de ações efetivas que ultrapassem o senso comum.

Segundo Bachelard (1996) a ciência se opõe absolutamente à *opinião* e não se pode basear nada em opinião (resultado da experiência primeira), antes de tudo é preciso destruí-la, ela é o primeiro obstáculo a ser superado. Isto porque opinião não pensa, traduz necessidades em conhecimentos. Na vida científica, os problemas não se formulam de modo espontâneo, é preciso saber formular problemas, não podemos ter opiniões sobre questões que não sabemos formular. *Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico* (BACHELARD, 1996, p.18).

Outro cuidado que devemos ter é com as aparências. Para Bachelard precisamos ultrapassar as aparências, pois elas são sempre fonte de enganos, de erros; o conhecimento científico se estrutura através da superação desses erros em constantes rupturas com o que se pensava ser conhecido.

Nesse sentido, a **experiência primeira** é sempre um obstáculo inicial para a aquisição do conhecimento científico, para a formação do espírito científico. Essas experiências se apresentam repletas de imagens e enfatizam o poder de olhar, que oferece uma satisfação imediata, mas a admiração ofusca a busca do conhecimento. A imagem pitoresca provoca a adesão a uma hipótese não verificada. *“Uma ciência que aceita as imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas”* (BACHELARD, 1996, p.48). Um bom exemplo disso é o que observamos nas feiras de ciências onde, nas experiências com vulcões, o estudante lembra e comenta as explosões, mas sua atenção está tão voltada às imagens que não interage com o saber científico. E é a imagem que fica. Pode tornar-se um falso centro de interesse no ensino. Um exemplo comum em biologia refere-se à comparação entre a estrutura de uma célula e a de um ovo (casca = membrana; clara = citoplasma; gema = núcleo) ou ao planeta terra ao analisar suas camadas.

Não é nosso foco de pesquisa discutir analogias e metáforas, mas consideramos importante ressaltar que elas estão intimamente relacionadas com este obstáculo da experiência primeira. Por representar formas de aproximar o

conhecimento científico do conhecimento mais familiar do estudante, servem como marco de referência para compreensão do novo e são instrumentos comuns de ensino em livros didáticos. Destacamos que Bachelard orienta sobre os perigos desses instrumentos de linguagem no ensino de ciências. Para ele, as dificuldades de abstração a partir de fenômenos concretos entravam o pensamento científico e a utilização dessa forma de linguagem, que se aproxima das concepções prévias dos estudantes, pode induzir ao reforço dos obstáculos epistemológicos, principalmente o da experiência primeira e o verbal. Bachelard não é contra toda e qualquer utilização de analogias e metáforas, mas contra o uso inadequado delas, que leva a reforçar o senso comum, impedindo a compreensão do que se pretende ensinar.

Sendo assim, temos o compromisso de analisar, num contexto epistemológico, o que queremos ensinar, ou acabaremos reforçando obstáculos epistemológicos que deveríamos ajudar a superar. Em oposição aos obstáculos epistemológicos, Bachelard apresenta outra categoria epistemológica, os **atos epistemológicos**, que seriam como forças intelectuais (ímpetus do gênio científico) que impulsionam o movimento histórico do conhecimento científico.

Ao fazermos uma interpretação nova, com os conhecimentos do presente, de “coisas” do passado, que tínhamos como sólidas e verdadeiras, podemos analisar uma outra categoria de Bachelard (1996), a **descontinuidade** que leva à recorrência histórica. *Através do conhecimento do passado, percorremos o caminho da ciência, mas é a partir do presente, da atualidade da ciência, que podemos compreender o passado de maneira claramente progressiva* (LOPES, 1996, p.257). O exercício da recorrência histórica torna-se difícil porque rompe com concepções já estabelecidas. Para Bachelard, as rupturas não ocorrem apenas entre conhecimento científico e conhecimento comum, elas ocorrem também no próprio desenvolvimento do conhecimento científico, quando uma teoria refuta outra. Não existe portanto uma continuidade neste processo, mas sim constantes retificações.

Se analisarmos nosso comportamento frente a novas situações, perceberemos que procuramos fazer relações a partir desse novo saber, associando-o a outras situações já vividas. Isto porque fazemos uso de todo nosso arquivo histórico mental para localizar e entender o que se apresenta e até para escolher a validade desse saber. Assim, exercitamos o pensar crítico, “pensar sobre o pensar” e nos posicionamos de forma a considerar algumas informações e ignorar outras. Esse exercício de aquisição do conhecimento, em que as pessoas, mesmo

com formação científica, fazem uso de saberes de diversas naturezas (senso comum ou científico) com sabedoria, de acordo com cada situação vivida, certamente as tornarão diferentes. Este olhar crítico ao passado nos permitirá entender os erros cometidos, os conflitos existentes, porque onde há mudanças, há conflitos e novas formas de pensar.

O conhecimento científico avança através de rupturas e discontinuidades e não pelo acúmulo de informações e entendemos que isto também pode ocorrer na aprendizagem em sala de aula. É necessário então uma ruptura com a concepção continuísta, linear e fragmentada do processo ensino aprendizagem, implícita nas ações do professor. Para mudar essa concepção, o professor pode optar em conhecer e adotar a epistemologia bachelardiana. Tornar-se um vigilante epistemológico constante de suas ações, retificando seus erros, superando seus obstáculos pedagógicos na maneira de ensinar e num processo árduo e difícil propiciar, através de discontinuidade e rupturas, momentos de negação do saber que acreditava sólido e verdadeiro e de negação do próprio sujeito que tinha ilusões e crenças arraigadas no seu eu mais profundo.

Esse processo de negação, para Bachelard, não implica necessariamente no abandono de teorias anteriores, mas em reordenar o pensamento, ir além dos pressupostos, para avaliar o domínio e validade de cada teoria. Bachelard *nega a filosofia do não enquanto uma atitude de recusa, para defendê-la como uma atitude de conciliação* (LOPES, 1996, p.267). Para ele, conciliar não é aceitar qualquer teoria, mas definir precisamente o campo de validade e aplicação de cada uma.

Moraes (2003) concorda com Bachelard quando coloca a possibilidade dos conhecimentos cotidianos, que têm características e funções próprias, coexistirem com os científicos. Ambos defendem que não é preciso abandonar totalmente saberes antigos, pois, “*As pessoas teriam capacidade de utilizar aquelas teorias e conhecimentos que melhor se adequem à situação problemática a ser atendida*” (MORAES, 2003, p. 189-190).

Os educadores, bem como a comunidade em geral, fazem uso diariamente de objetos produzidos pela ciência e tecnologia, mas poucas vezes param para pensar sobre como e por que tais objetos foram produzidos. Por falta de reflexão, são facilmente condicionados a usar o produto de interesse alheio. São facilmente seduzidos por belas imagens e falsas propagandas. A escola como fonte de recursos humanos e científicos tem, na sua função de formação, condições para

mudar esta realidade. Mas o que vem ocorrendo é que a escola acaba por contribuir com esta alienação, quando ensina por mera transmissão e reprodução enciclopédica, fazendo prevalecer o senso comum como recurso para solucionar questões práticas e imediatas. O uso do senso comum, quando não articulado às teorias, aos saberes científicos, não permite que o indivíduo extrapole seus argumentos e enxergue o contexto maior, o pano de fundo, ao buscar solucionar problemas. A compreensão do conhecimento científico instrumentaliza o indivíduo a pensar e agir conscientemente em suas relações com outros indivíduos, com o meio e com a tecnologia.

*“Tanto o senso comum quanto o conhecimento científico são históricos e coletivos. A grande diferença é que a maior articulação explícita do pensamento científico faz com que o seu caráter processual de revisão constante seja mais intenso. (...) À medida que ambos falam da realidade imediata na qual os indivíduos estão inseridos, através do diálogo, é possível levá-los a apreender e apropriar-se dos conhecimentos científicos através de uma problematização do seu senso comum, dando-lhes a oportunidade de transitar entre os dois conhecimentos, usando-os quando e onde forem necessários” (SÃO PAULO, caderno 5, 1992, p. 10-11).*

Buscamos, nessa pesquisa, compreender como ocorrem esses obstáculos epistemológicos em situações pedagógicas, bem como delinear procedimentos metodológicos que possibilitem o alcance de estágios cognitivos superiores dos educandos para superar esses obstáculos, que lhes permita perceber o tipo de saber que usarão no interior de cada contexto. Temos como objetos de estudo em nossa pesquisa não só os obstáculos epistemológicos, mas também os obstáculos pedagógicos e as rupturas que ocorrem com os envolvidos no processo de construção do conhecimento científico escolar. Procuramos estudar os principais tipos de obstáculos epistemológicos apontados por Bachelard, fazendo um paralelo entre alguns deles e situações vividas por nós em diferentes aulas de ciência e biologia, que poderiam caracterizar esses obstáculos.

Os obstáculos pedagógicos na educação estão relacionados com o desconhecimento ou desinteresse docente pelo conhecimento anterior do educando e pelos entraves existentes nesse conhecimento (BOER e FERRARI, 2003). Esses obstáculos devem ser considerados quando o saber é tratado no âmbito do conhecimento científico construído, quando apenas são apresentados os resultados da ciência, quando o educando tende mesmo a não compreender o ensino porque

não representa para ele situação significativa. Para que o educando aprenda é preciso dar-lhe razões para mudar sua própria razão.

Em “*A Formação do Espírito Científico*” Bachelard mostra o destino do pensamento científico abstrato, tenta provar que pensamento abstrato não é sinônimo de má consciência científica, apontando que é habitual essa acusação. Essas provas vão sendo fornecidas conforme vão sendo estudadas as dificuldades das abstrações e introduzida a categoria dos obstáculos epistemológicos. Bachelard distingue três períodos históricos do pensamento científico, para que possamos entender o trajeto que vai da percepção considerada exata até a abstração inspirada pelas objeções da razão: *estado pré-científico* (da antiguidade clássica até o século XVIII), o *estado científico* (fim do século XVIII até início do século XX) e *novo espírito científico* (a partir de 1905). Para esclarecer esse desenvolvimento do espírito científico, Bachelard fala da lei dos três estados:

1º *O estado concreto*, em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apóia numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade.

2º *O estado concreto-abstrato*, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apóia numa filosofia da simplicidade. O espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se tanto mais seguro de sua abstração, quanto mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível.

3º *O estado abstrato*, em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polémica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe (BACHELARD, 1996, p.11).

Para que se tenha compreensão do desenvolvimento da ciência, Bachelard defende que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado, que o pensamento científico torna-se claro depois que o conjunto de argumentos fica estabelecido e que, ao retornar ao passado cheio de erros, encontra-se a verdade num autêntico arrependimento intelectual.

É comum percebermos, em nossas aulas, situações que exemplificam o que aponta Bachelard quando diz que *os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a*

*ponto por ponto* (BACHELARD, 1996, p.13). Em uma aula de fisiologia, por exemplo, explicamos o processo de digestão humana e o que ocorre em cada órgão, solicitamos aos estudantes que resolvam exercícios sobre o assunto explicado e, quando o estudante é avaliado em prova, não obtém o resultado desejado. Voltamos na aula seguinte, explicamos novamente o processo, passo a passo e mais uma vez os estudantes trocam as funções dos órgãos, ou esquecem a seqüência do processo. De acordo com as idéias de Bachelard, o que ensinamos não foi suficiente para permitir ao estudante abstrair este conhecimento, possivelmente não se tornou um problema que o fizesse buscar razões que mudassem sua própria razão. A partir deste estudo entendemos que toda cultura científica deve ser colocada em estado de mobilização permanente, dialogando com todas as variáveis possíveis, buscando na razão, razões para evoluir e permitindo perceber que verdades são provisórias e que erros são necessários nesta evolução do saber.

Ao analisarmos os obstáculos epistemológicos entendemos que há ruptura e não continuidade entre a observação e a experimentação. Os obstáculos epistemológicos de Bachelard são: a experiência primeira, o conhecimento geral, o obstáculo verbal, o conhecimento pragmático, o obstáculo substancialista e o obstáculo animista.

A experiência primeira - é a experiência colocada antes e acima de crítica, que enfatiza o poder de olhar, capta a subjetividade sem preocupar-se com o "porque"; substitui o conhecimento pela admiração, as idéias pelas imagens. O natural é visto com grande atenção, fenômenos naturais complexos são apresentados como doutrinas fáceis. Podemos pensar questões de reprodução animal como situações impregnadas deste obstáculo, quando o estudante começa a aprender em sala de aula após ter observado várias vezes imagens sobre o assunto.

O conhecimento geral - é a generalidade que imobiliza o pensamento, fornece respostas fixas, vagas a qualquer questionamento. No ensino de ciências a idéia do geral é facilmente detectada, aparece adaptada a idéias comuns. Por exemplo, os estudantes antes de estudarem genética, pensam que as características hereditárias estão no sangue do indivíduo; que ser mais semelhante com um dos progenitores significa ter herdado o sangue deste. Generalidades como esta imobilizam a razão, tornam-se certezas, que ofuscam a motivação dos estudantes em questionar.

Os obstáculos verbais - são os hábitos de natureza verbal, em que uma única

palavra ou imagem funciona ou constitui toda uma explicação. O autor cita o exemplo da palavra *esponja*, porque permite expressar os fenômenos mais variados, como por exemplo: para explicar a ar comprimido e ar rarefeito a partir da característica esponjosa. O que representa um obstáculo por utilizar uma palavra como auxiliar do pensamento. Ao associar uma palavra concreta a uma palavra abstrata, o indivíduo pensa ter avançado em suas idéias. No entanto, pode ter ocorrido uma falsa compreensão. Trata-se de uma única palavra que expressa uma imagem generalizada, Bachelard relaciona esse obstáculo a muitos casos de analogias e metáforas usadas em aulas de ciências. Pensamos em nossas aulas de ciências e buscamos o exemplo da palavra *bomba* para representar o funcionamento do coração utilizado por muitos professores para explicar o processo da circulação sanguínea, o que em nosso entendimento pode representar um obstáculo à aprendizagem por possibilitar uma falsa compreensão do sistema circulatório.

Conhecimento pragmático – é quando em todos os fenômenos procura-se uma utilidade, não só pela vantagem que pode oferecer, mas pelo princípio de explicação. Encontrar uma utilidade é encontrar uma razão que convence a ação. Logo o verdadeiro deve ser acompanhado do útil e essa utilidade leva a generalizações exageradas. No ensino de ciências percebe-se esse obstáculo em vários momentos, um deles, quando os estudantes se referem aos aspectos utilitários da fisiologia, por exemplo: citam o coração como órgão responsável pelas emoções, “*amo do fundo do meu coração*”. Parece que a valorização, perfeição e crença são suficientes para entender os fenômenos.

Obstáculo substancialista – ocorre quando se atribui às substâncias qualidades diversas, tanto superficiais quanto profundas, tanto a qualidade manifesta quanto a oculta. Essas qualidades podem ser justapostas sem grande preocupação com as relações mútuas. Em geral o progresso científico não se dá pelo acúmulo de adjetivos dados a uma certa substância, ao contrário, consiste em diminuir. Um exemplo citado por Bachelard: a poeira gruda na parede eletrizada. Logo, *a eletricidade é uma cola*, um visco. São falsas qualidades atribuídas pela intuição ingênua. Pensa-se como se vê, o que se vê. É assim adotada uma falsa pista que constitui numa falsa explicação e inviabiliza a variação de experiência. Reportando-nos às aulas de biologia, um exemplo seria como ensinamos e aprendemos a idéia do DNA, como receita para produção de seres vivos.

Obstáculo animista – é a tendência de atribuir vida a todo fenômeno ou

“coisa”, uma crença no caráter universal da vida. O fluido elétrico anima e move todo o universo, os astros, as plantas, os corações e os germes. Em certos estágios de desenvolvimento pré-científico foram os fenômenos biológicos que serviram de meio de explicação para os fenômenos físicos e que configuram obstáculos na compreensão destes. Vida é atribuída até aos minerais, que chegaram a ser classificados como mais um reino. Na educação em ciências, percebemos este obstáculo, por exemplo, ao observar a tendência que os estudantes têm de atribuir vida à água. *“Água tem vida, nasce da fonte”*.

A compreensão do conhecimento científico depende de rupturas com essas representações advindas do meio onde o estudante está inserido. Para Bachelard ocorrem rupturas entre o conhecimento científico e o conhecimento comum, porque enquanto o conhecimento comum permanece ligado a princípios empiristas de generalidade e de utilidade, o conhecimento científico está mais ligado a princípios racionais, e é cada vez mais teórico (ANDRADE et al., 2000).

## **I. 2 – Reflexões sobre Educação Científica.**

Educar hoje, século XXI, não representa tarefa fácil; ensinar ciências num mundo globalizado e tecnológico é mais difícil ainda, e essa realidade exige dos educadores uma atuação pedagógica com muito mais amor, dedicação, comprometimento e permeada de constantes reflexões. A escolarização básica que, hoje compreende o período das séries iniciais até o final do ensino médio, frente a estas mudanças sociais sofre adaptações e assume o compromisso de consolidar a formação geral do estudante em oposição à formação específica. Prioriza o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual.

Ao considerar o ensino médio como última e complementar etapa da educação básica, as DCNEM (Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 1998), organizam as áreas de conhecimentos e orientam a educação a fim de oportunizar a todo cidadão consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no ensino fundamental. Para subsidiar e contribuir com a implementação da reforma da educação, o ministério criou os PCNEM (BRASIL, 1999), que orientam o trabalho por

disciplina nas suas respectivas áreas do conhecimento e, especialmente para o ensino médio, o ministério elaborou em 2002 o PCNEM+ com orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Em Santa Catarina, a secretaria estadual de educação elaborou sua proposta curricular com última versão em 1998 (SANTA CATARINA, 1998).

De acordo com esses documentos oficiais, o ensino das disciplinas, em geral, era até então descontextualizado, compartimentado e baseado no acúmulo de informações com ênfase na preparação do estudante para os vestibulares ou para o exercício profissional.

O ensino de ciências, de acordo com Angotti e Delizoicov (1994), no Brasil, na primeira metade do século XX, foi introduzido e desenvolvido sobre os parâmetros de outras disciplinas e do ensino tradicional, com aulas expositivas, para explicação dos conteúdos que eram clássicos e estáveis no século XIX. Enfatizava as características positivas da ciência e, quando havia algum tipo de experiência, ocorria para comprovar os resultados. O final da década de 50, e os anos 60 e 70, foram marcados por mudanças no desenvolvimento tecnológico, como por exemplo, o que resultou no lançamento do satélite artificial (Sputnik). Foram criados nessa época os “projetos de ensino de Ciências”, que se caracterizaram basicamente pela produção de textos, material experimental e treinamento para professores, valorizando os conteúdos a serem ensinados. Esses projetos vinham para atender o ensino de todo o 1º e 2º grau, (hoje, ensino fundamental e médio) e também suprir a deficiência de formação dos professores, com os chamados guias para o professor. No início os projetos eram americanos mas, como os contextos de ensino eram diferentes, passaram a ser produzidos aqui, como foi o caso do PEF (Projeto de Ensino de Física) elaborado pelo Instituto de Física da USP e o MEC.

A partir da década de 70, com a promulgação da lei 5692/71 a escola secundária passou a enfatizar as disciplinas profissionalizantes e instrumentais para orientar o trabalhador brasileiro, o que provocou o esfacelamento das disciplinas científicas. De acordo com Angotti e Delizoicov (1994), o ensino de ciências no Brasil passou neste período por três tendências: a tecnicista, que se caracterizou pelo uso de instrução programada, ensino por módulos com ênfase na aplicação de teste; a escola-novista: que priorizou o ensino do método científico, como redescoberta, imitando o trabalho dos cientistas, ou seja, “reinventando a roda”; e a ciência integrada: essa chega quase ao esvaziamento dos conteúdos, quando orienta que o

professor precisa saber apenas usar o material instrucional, tendência que se refletiu muito na implantação das licenciaturas curtas. Essas tendências de ensino, por terem atingido os cursos de formação de professores na época, se caracterizaram pela produção de livros-textos comerciais, ou seja, livros didáticos e apostilas, que até hoje constituem a principal ferramenta de trabalho dos professores e são em grande parte responsáveis pela falta de discussão dos conhecimentos científicos na perspectiva de uma visão mais crítica, histórica e contextualizada no ensino de ciências.

Em Biologia, bem como nas outras áreas de ciências naturais, pode-se afirmar que movimentos de reflexão sobre práticas pedagógicas e desenvolvimento histórico do conhecimento científico, já estão ocorrendo desde as duas últimas décadas do século passado. Em 1984, sob a coordenação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, foi realizado o primeiro encontro entre professores e pesquisadores em ensino de Biologia, EPEB (Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia) com cursos, mesas-redondas, conferências, apresentação de trabalhos. Um avanço, sem dúvida, em busca da qualidade de ensino, em que novas tendências estão se delineando. O primeiro Encontro Nacional de Ensino de Biologia, entretanto, só veio a ocorrer em 2005, na Faculdade de Educação do Rio de Janeiro, sob a coordenação da Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia SBENBIO, fundada em 31 de julho de 1997.

Neste capítulo, temos a pretensão de delinear algumas das bases epistemológicas e educacionais que acreditamos serem as vertentes para a concretização de ações, na direção da nova identidade do ensino médio, apontado como etapa conclusiva de educação básica pelo PCNEM+ (2002). Em nossa concepção, a educação deve contribuir para que as pessoas se tornem humanizadas, capazes de refletir e atuar sobre a realidade para transformá-la, capazes de superar as contradições entre diferentes posições. Deve ser crítica e libertadora, capaz de instrumentar as pessoas a continuar a aprender, se profissionalizar e exercer sua cidadania.

Encontramos na educação progressista de Paulo Freire, pressupostos para a elaboração de propostas educacionais, com temáticas atuais, que privilegiem diálogos e problematizações de saberes já estabelecidos, que possibilitem aproximar conteúdos escolar e cotidiano do estudante. Nossa vivência em sala de aula nos permite explicitar situações em que o professor aprofunda conhecimentos científicos

em determinada área do saber, provocando tensões que podem ou não levar a rupturas de saberes da educação formal e da cultura do estudante. Um exemplo é o caso de aulas no ensino médio sobre nutrição, onde o estudante tem arraigada a noção de que a nutrição das plantas vem do solo. Cabe ao professor proporcionar contextos epistemológicos que permitam romper com tais conhecimentos. *“Sabemos que os estudantes, mesmo as crianças, chegam em sala de aula não só com informações, mas com concepções e explicações já estabelecidas que, muitas vezes entram em conflito com o conhecimento a ser aprendido”* (PERNAMBUCO, 1993, p. 31).

Muitos são os educadores que fundamentam suas pesquisas neste educador brasileiro conhecido internacionalmente, mas poucos são aqueles que conseguem levar efetivamente sua reflexão educacional da pesquisa para a prática educativa. Toda inovação em educação não representa tarefa fácil, pois persiste, nesse contexto, uma postura de resistência ao novo, ao atual, a mudanças. Parece difícil inserir novas propostas metodológicas nas escolas, porque o novo desacomoda o acomodado, desafia saberes estruturados, mobiliza o indivíduo a estudos constantes e paralelos, a práticas dinâmicas. Isto gera um certo desconforto a quem não se dispõe a superar deficiências de sua formação inicial.

Pesquisas como a de Nascimento (2003) indicam que o ensino de Biologia, especialmente em genética, mesmo com toda a divulgação das pesquisas da área na mídia e mesmo que várias outras pesquisas de caráter epistemológico tenham sido realizadas e disponibilizadas nas bibliotecas e na internet, não apresenta mudanças significativas em salas de aula. Os conteúdos programáticos continuam sendo lineares, fragmentados e em alguns casos continuam sendo cópias fiéis de sumários de livros didáticos.

Como apontam Souza e Freitas (2002), as escolas se preocupam em mudar a metodologia que devem usar, mas continuam a seguir seqüências de conteúdos clássicos da Biologia, sem discutir a pertinência destes conteúdos, sem saber quem e porque foram privilegiados tais conteúdos em detrimento de outros. Principalmente a favor de quem e de que estará o seu ensino. Apresentam metodicamente tais conteúdos, enxertados de termos técnicos descontextualizados e distantes da realidade do estudante. *“Ensinar o que aprendemos com metodologias mais inovadoras é tão prejudicial à socialização do saber em Ciências e Tecnologia quanto à substituição dos conteúdos com uso monótono de uma metodologia, seja*

*tradicional, seja inovadora*” (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p. 274).

O estudante não é uma tábula rasa, possui conhecimentos empíricos já constituídos pelo senso comum e são esses conhecimentos já sedimentados pela vida cotidiana que obstam o conhecimento científico porque *“aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que devemos saber”* (Bachelard, 1996, p. 18). Toda essa gama de saberes que o estudante trás para a escola deve ser trabalhado sim, mas como ponto de partida, para conduzir o interessado a colocar em dúvida seus conhecimentos espontâneos, para convencê-lo a verificar a validade deste saber em questões colocadas pelo professor, para introduzi-lo em um mundo de observações, pesquisas, onde a experiência contradiz a evidência. É preciso vencer resistências, da escola, do professor, do estudante. O próprio contemporâneo é lugar de incertezas, talvez uma das causas que levam as escolas a permanecer com listas infinitas de exercícios prontos (SNYDERS, 1988).

É importante salientar que a aquisição do conhecimento novo se dá pela ruptura com o conhecimento anterior, o que implica num diálogo tradutor, processo que permite ao professor obter o conhecimento vulgar do estudante, não apenas para saber que existe, mas para problematizá-lo, até localizar as limitações desse conhecimento prévio do estudante e fazê-lo perceber que o que ele sabe não dá conta de resolver tal situação, fazê-lo sentir a necessidade de ir à busca do saber. *“Busca-se a desestabilização das afirmações dos estudantes”* (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p. 199).

Desta forma, entendemos que modelos didático-pedagógicos<sup>2</sup> devem ser elaborados de modo que propiciem os objetivos atuais da educação e neguem a prática de ensino contínua, cumulativa e pouco reflexiva sobre os processos envolvidos na produção e distribuição dos produtos que os cidadãos consomem. Prática esta que forma indivíduos não questionadores e que não desenvolvem autonomia de opções, tornam-se subordinados a interesses alheios, à mídia e a regras de mercado. É consenso entre os autores que fundamentam esta pesquisa que o estudante, de posse do conhecimento historicamente produzido, adquire

---

<sup>2</sup>Modelo didático-pedagógico: instrumento da prática pedagógica educativa que estabelece relação entre o conhecimento do aluno e o conhecimento científico através de rupturas, tendo como uma das características fundamentais o diálogo tradutor e como eixo estruturador a problematização dos conhecimentos (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, P.196-197).

habilidades de transitar entre os diversos saberes fazendo uso de cada nível de conhecimento de acordo com o contexto em que está inserido. “*Introduzir o conhecimento científico sem considerar o senso comum leva os indivíduos a decorarem simplesmente o novo conhecimento e continuar a pensar e a agir somente a partir do senso comum*” (SÃO PAULO, caderno 5, 1992, p.11).

Esta concepção de educação é denominada por Freire de educação bancária, o educador é o sujeito do processo. A ênfase é dada à quantidade de informações transferidas do professor para o estudante, como um depósito a ser feito, em que o estudante é o recipiente que ficará cheio tanto quanto o professor depositar conteúdos e tem por função arquivar esses conteúdos e repetir sempre que for solicitado. O educador é visto como aquele que sabe e o educando, aquele que não sabe. Isto reflete a sociedade opressora, que nega a educação e o conhecimento como processo de busca, de transformações. Os opressores buscam transformar a mentalidade dos oprimidos, para torná-los mais marginalizados e submissos e não a situação que os oprime. Em “*Pedagogia do Oprimido*” (2003) Paulo Freire descreve e analisa as relações entre opressores e oprimidos na educação bancária.

As dificuldades de aprendizagem sinalizadas por Freire na educação bancária, que são comuns a qualquer disciplina, no nosso entendimento estão atreladas às dificuldades de compreender como o conhecimento científico é construído nas ciências naturais. Nós mesmos crescemos ouvindo que aquilo que sabemos é base para o novo saber que vamos aprender, como uma seqüência de acertos, de descobertas, ligadas entre si, que basta memorizar e responder em provas com todas as letras e pontuações registradas no caderno que estaria garantido o avanço seriado. As categorias epistemológicas de Bachelard se articulam com as categorias educacionais de Freire e mostram que ensinar ciências naturais não é tão simples assim e respondem a muitas de nossas angústias pedagógicas.

Paulo Reglus Freire (1921-1997) foi educador, brasileiro, nascido em Recife, graduou-se em Direito, mas por influência da esposa Elza Maia Costa de Oliveira, professora primária, tornou-se o maior alfabetizador humanista. Sua concepção de educação prioriza a autonomia do indivíduo, a liberdade de descobrir-se e conquistar-se como sujeito de sua *práxis*<sup>3</sup>, que se humaniza na interação com o

---

<sup>3</sup> Práxis: é o pensar, refletir sobre a prática/ação do homem no mundo. (FREIRE 2003).

outro e torna-o sujeito não neutro, histórico e epistêmico (GADOTTI, 1991).

Em Recife, no ano de 1946, Freire começou a trabalhar no SESI (Serviço Social da Indústria), e foi aí que aprendeu a dialogar com a classe trabalhadora, é aí que se encontram as raízes de sua atitude pedagógica antielitista e antiidealista. “*O estudo da linguagem do povo foi, então, o ponto de partida para o aperfeiçoamento de seus trabalhos em educação popular e para a evolução de sua pedagogia*” (GADOTTI, 1991, p.25).

As idéias que estruturam a proposta de Paulo Freire de educação para a liberdade surgiram no nordeste brasileiro onde, no início da década de 1960, metade dos 30 milhões de habitantes viviam na cultura do silêncio (analfabetos oprimidos). A preocupação inicial de Freire foi de “dar-lhes a palavra”, por isso sua primeira experiência ocorreu com a educação de jovens e adultos, em meios informais de ensino, no campo (GADOTTI, 1991). A partir do estudo analítico desta prática podemos encontrar indicações metodológicas e procedimentos que podem nortear o trabalho educativo nas escolas públicas e estruturar os conteúdos programáticos do ensino de ciências via redução temática. Esta categoria freiriana será explicitada na p. 30 e explorada no capítulo IV.

Sua filosofia educacional, no entanto, encontrou resistência junto às classes dominantes do país, porque Freire defendia o exercício da democracia, dar voz ao homem camponês que tinha medo do patrão porque o considerava superior a si. Gadotti (1991) comenta que Freire publicou essas idéias sobre educação libertadora no livro “*Educação como prática de liberdade*” já em 1967. Hoje, Freire é reconhecido por implantar aqui sua concepção de educação desde suas origens, é considerado um dos maiores nomes na educação brasileira, e sua pedagogia se difundiu em toda a América Latina, na África e em outras grandes nações.

Paulo Freire ia ao campo com caderno e gravador e anotava tudo que ouvia e via, listava as palavras que eram mais usadas pelos indivíduos (estudantes) e desses dados surgiam as palavras e o tema gerador<sup>4</sup>. Freire defendia que professor e estudante aprendem juntos e que o papel do educador progressista é de proporcionar por meio de relações dialógicas entre educador-educando, educando-educador, a organização do pensamento, para compreensão do conhecimento e

---

<sup>4</sup> Tema gerador: temas que por qualquer forma que seja compreendido se desdobra em outros temas que provocam novas tarefas que devem ser cumpridas. (FREIRE 2003)

desenvolvimento em ambos de uma postura crítica. Entendemos que isso representa educar, um processo em que professores e estudantes mudam suas maneiras de compreender o mundo numa constante aprendizagem.

O professor aprende na interação entre as codificações<sup>5</sup> da realidade do mundo, aquelas que precisam ser mudadas e que representam as situações limites<sup>6</sup>, com o conhecimento científico sistematizado por ele, que servirá de subsídio na busca de ações e soluções para os problemas detectados. O estudante aprende superando sua cultura primeira<sup>7</sup>, que para Freire, reflete sua consciência real efetiva, e através de rupturas com esse saber, atinge sua consciência máxima possível ao se apropriar da cultura elaborada<sup>8</sup> que adquire na busca de soluções para os problemas descodificados<sup>9</sup> pelos envolvidos no processo. Como resultado deste desafio de saber aprender com o outro, espera-se perceber em ambas ações que levam à libertação e mudança da situação vivida. *“Paulo Freire não inventou o homem; apenas pensa e pratica um método pedagógico que procura dar ao homem a oportunidade de re-descobrir-se através da retomada reflexiva do próprio processo em que vai ele se descobrindo, manifestando e configurando – “método de conscientização” (FREIRE, 2003, p.15).*

Alguns princípios e categorias norteiam a concepção de educação de Paulo Freire, elaboradas para um trabalho com educação de adultos no campo informal, mas que através de uma releitura são certamente aplicáveis ao ensino formal. A *problematização* e a *dialogicidade* são os alicerces desta teoria. A problematização tem caráter epistemológico e dá significado às questões propostas. A dialogicidade tem caráter pedagógico, portanto, não é qualquer diálogo, não é só uma conversa do professor com o estudante depositando informação. Não saberá dialogar aquele que aliena a ignorância, a vê sempre no outro, nunca em si próprio. Dialogar é dar a vez ao outro para falar, permitir que a fala do outro seja confrontada, porque permite um pensar crítico e é também capaz de gerar o pensar crítico. *“Ser dialógico é não*

---

<sup>5</sup> Codificações: mediações entre o contexto concreto ou real em que se dão os fatos e o contexto teórico em que serão analisados; ao mesmo tempo, são também o próprio objeto cognoscível que provoca reflexões críticas pelos educadores-educandos, educandos-educadores (FREIRE, 2003, p. 108-109).

<sup>6</sup> Situações-limites: situações significativas que representam problemas para uma comunidade. Nem sempre sentida, nem sempre percebida, mas que em geral dependem de um saber sistematizado para serem resolvidas.

<sup>7</sup> Cultura primeira: senso comum para Snyders (1988, p.23), “Nasce da experiência direta da vida, nós a absorvemos sem perceber; vamos em direção a ela seguindo a inclinação da curiosidade e dos desejos”.

<sup>8</sup> Cultura elaborada: conhecimento científico para Snyders (1988).

<sup>9</sup> Descodificados: objetos cognoscíveis que foram explicitados pelos sujeitos descodificadores mediante sua consciência real e codificados no mundo real (FREIRE, 2003, p.108-112).

*invadir, é não manipular, é empenhar-se na transformação constante da realidade*" (FREIRE, 2001, p.43).

Paulo Freire deixa claro que o que se pretende com o diálogo não é que o estudante refaça os passos do cientista, redescobrimo o fato, nem memorize e repasse ao professor uma seqüência de palavras vazias. Em geral os conceitos são vazios para os estudantes, por isso difíceis de interpretar. O que se pretende com o diálogo é a problematização do próprio conhecimento, inserido na realidade concreta, para melhor compreendê-lo, explicá-lo e transformá-lo. Por conta disso "*O diálogo é o encontro dos homens, mediatizados pelo mundo, para pronunciá-lo, não se esgotando, portanto, na relação eu-tu*" (FREIRE,2003, p.78).

Freire contribuiu também quanto aos aspectos de compreensão dos educadores sobre a cultura que o estudante já detém, que refletirá seu nível de consciência sobre a situação apresentada. O educador precisa conhecer essa cultura do ponto de vista de significado, relevância e interpretação dos temas, para que esse saber possa ser problematizado e supere, mude a consciência real efetiva (o que pensam as pessoas) pela consciência máxima possível (o que precisam saber). Freire e Snyders compartilham com Bachelard da convicção de que as rupturas e o enfrentamento dos obstáculos são necessários para a apreensão dos conhecimentos científicos que contribuirão com o transformar da sociedade onde o sujeito está inserido.

Realidade e interesse também estruturam esta teoria, através da relação sujeito-objeto interagindo durante o processo de aprendizagem, o que contribui com o interesse do estudante, principalmente tratando-se de estudante trabalhador, que passou todo o dia no campo. O conteúdo precisa ser de interesse do estudante, o que justifica codificá-lo no seu mundo real. Quando a escola apresenta conteúdos que não têm significado para o estudante, apresenta-os como retalhos desconectados da realidade, o estudante não tem interesse em aprender e a escola precisa usar métodos autoritários para ensinar. "*Não haverá aprendizagem significativa se o educando não estabelecer uma relação com o objeto, não agir sobre ele*" (GADOTTI, 1991, p.41).

A escola é vista pelos estudantes como mais um lugar de obrigação, de cobranças, num período em que eles vivem com intensidade o conflito entre seguir ou burlar, confrontar regras, "*porque a adolescência é a fase de transição da segurança das regras dadas para a necessidade de elaborar os próprios valores e*

*regras de forma independente*” (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p.142).

O benefício da escola é visto pelos estudantes como algo muito distante, que verão só quando forem adultos e na vida profissional. Ela deveria ser lugar de alegria, de satisfação, satisfação cultural, como coloca Snyders (1988), que afirma ter esperança de que os estudantes tenham esta visão da escola e aponta como um dos caminhos a renovação dos conteúdos. *“O risco é contudo que a escola apareça aos estudantes como um medicamento amargo que é preciso ser engolido por eles agora, a fim de garantir para mais tarde, um mais tarde bem indeterminado, prazeres prometidos”* (SNYDERS, 1988, p.12).

Por conta do processo de problematização e dialogicidade, nesta concepção de ensinar ciências, que tem por objetivo superar os limites do conhecimento da cultura primeira para apropriar-se do conhecimento científico, os conceitos científicos tornam-se **meio** para, através do diálogo que é intencional, diretivo e problematizador, direcionar educador-educando a transformações e por fim à superação da situação-limite. Esta educação é diferente da educação tradicional, conservadora, denominada por Paulo Freire de educação bancária, que, por meio de narração de conteúdos, tem como **fim** memorizar e repetir o conhecimento científico completamente alheio à experiência existencial dos educandos.

A educação dominante que vem sendo ainda praticada na maioria das escolas torna-se incoerente com a filosofia que as mesmas apresentam, “tornar o estudante crítico, consciente e participativo na sociedade”. Ela realmente contribui é com a formação de seres alienados, ingênuos e oprimidos, que não são incentivados a dizer “por quê?” *“Esta educação em que educadores e educandos se fazem sujeitos do seu processo, superando o intelectualismo alienante, superando o autoritarismo do educador bancário, supera também a falsa consciência de mundo”* (FREIRE, 2003, p.75).

Freire nega essa concepção de ensino dominante, que torna o indivíduo oprimido, inferiorizado diante da sociedade em que vive e idealiza uma forma de ensinar que liberta o indivíduo desses sentimentos de dependência. Por conta disso, organiza uma metodologia que denomina de investigação temática, para desenvolver a educação problematizadora, caracterizada por quatro etapas que interagem constantemente e estruturam o currículo escolar. Essa proposta é mediada pela articulação estruturada entre temas e conceituação científica,

planejada de modo que seja explorada tanto a dimensão dialógica do ato educativo quanto a dimensão problematizadora do ato gnoseológico. A teoria que permeia a concepção de educação freiriana é também teoria do conhecimento, porque abrange o epistemológico, na busca de conhecer o saber científico, e o ontológico, no conhecimento dos seres educadores-educandos, que objetiva transformações, numa dimensão gnoseológica. Este é o grande desafio que enfrentamos na elaboração da proposta que apresentamos no capítulo IV deste trabalho.

Freire propõe que os temas desenvolvidos na programação podem ser identificados na primeira etapa da investigação, pois “(...) *os temas geradores enunciam situações problemáticas significativas de uma dada comunidade que, sendo trazidas para a escola, devem ser compreendidas criticamente, apontando possibilidades de intervenção nessa realidade histórica*” (SÃO PAULO, caderno 01, 1990, p.26).

A investigação se realiza por meio de uma metodologia conscientizadora que, além de possibilitar a apreensão desses temas, permite às pessoas pensar de forma crítica o mundo onde estão inseridas, quando no primeiro momento elas participam do levantamento preliminar. Nessa primeira etapa, os educadores fazem um levantamento das condições da localidade, através de observações, conversas informais com membros da comunidade e visitas a órgãos públicos.

Os dados recolhidos na primeira etapa são registrados e organizados pela escola e serão muitas vezes retomados para nortear a ação pedagógica que se segue na segunda etapa, onde se fará a escolha de situações que representam contradições a serem compreendidas pelos envolvidos no processo educativo e que poderão vir a ser temas geradores. “*Essas situações significativas são entendidas como situações vivenciadas fortemente pela comunidade a ponto de condicionarem a organização de seu cotidiano e que permitam que os indivíduos dessa comunidade se reconheçam nela*” (SÃO PAULO, caderno 01, 1990, p.36).

No círculo de investigação temática, terceira etapa, em que participam pais, estudantes e representantes da comunidade, essas situações serão analisadas no coletivo para definirem se elas são significativas, transformando-se em temas geradores, numa dinâmica de codificação-problematização-descodificação, organizada pelos educadores que não apenas ouvem os indivíduos, mas os desafiam, problematizando não só a situação existencial codificada, mas também as respostas que vão sendo dadas no decorrer do diálogo.

É importante ressaltar que esse diálogo não é qualquer diálogo, como os que ocorrem geralmente em sala de aula. Freire classifica como monólogo o que ocorre apenas em uma “conversa” entre professor e estudantes sobre situações significativas ou, como ocorre na educação bancária, o monólogo em torno do conteúdo escolar. O que se propõe na educação problematizadora e dialógica de Paulo Freire é que ocorra um diálogo entre os conhecimentos dos sujeitos envolvidos no processo educativo. Por isso a educação ocorre entre educador-educando, educando-educador, num processo onde

*“(...)através do educando, o professor apreende o conhecimento vulgar para poder problematizá-lo, promover o distanciamento crítico do educando desse conhecimento, propiciar as rupturas. Através do educador, o estudante apreende um conhecimento específico universal introduzido pela formulação dos problemas e respectivas soluções para as situações significativas, portanto, também via problematização” (DELIZOICOV, 1991, p. 166 - 167).*

Na quarta etapa proposta por Freire, ocorre a redução temática que é a elaboração de um programa de ensino sistemático e interdisciplinar destas temáticas, efetuado por especialistas num processo de articulação entre o tema gerador e os conceitos científicos. *“No processo de “redução” deste, o especialista busca os seus núcleos fundamentais que, constituindo-se em unidades de aprendizagem e estabelecendo uma seqüência entre si, dão a visão geral do tema “reduzido” (FREIRE, 2003, p.115).* A redução temática é um processo de articulação entre temas e conceitos científicos.

Na etapa da redução temática ocorre uma negação da programação historicamente desenvolvida na educação brasileira, produzida em gabinetes, tendo o professor como mero executor. Na construção do programa de redução temática, os professores buscam, dentro da especificidade de sua área, responder as questões geradoras que surgiram a partir dos temas geradores. Ao responder essas questões, estão selecionando os conteúdos que constituirão o programa. É o recorte da visão de cada área, em constante diálogo entre as áreas. Essas respostas para as questões de cada área “bebem” na fonte de cada área do conhecimento científico historicamente acumulado pelo homem. Freire coloca a redução temática como sendo a última etapa da investigação temática, entretanto, considera que a ela se segue a organização e aplicação do conhecimento científico, que ocorre em sala de

aula. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), denominam estas ações de quinta etapa e sugerem para ela três momentos pedagógicos: problematização e estudo da realidade, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

*“Para o educador-educando, dialógico, problematizador, o conteúdo programático da educação não é uma doação ou uma imposição – conjunto de informes a ser depositado nos educandos -, mas a devolução organizada, sistematizada e acrescentada ao povo daqueles elementos que este lhe entregou de forma desestruturada” (FREIRE, 2003, p. 83-84).*

O especialista pode sentir a necessidade de incluir, na programação de ensino, temas que não foram previstos nas etapas anteriores, chamados por Paulo Freire de *temas dobradiças*, que facilitam a compreensão das relações entre conteúdos do programa e visão de mundo do estudante. Partem da necessidade do professor de desenvolver determinados conteúdos que estão articulados com o que veio da comunidade. Comunidade, na prática da investigação temática de Paulo Freire tem paralelos com estudantes na nossa prática de sala de aula, pois muitas vezes surgem temas relacionados ao conteúdo que estamos trabalhando que não foram previstos na programação inicial.

Como possibilidade do enfrentamento desta educação, uma opção para a quinta etapa onde ocorre a organização e aplicação do conhecimento científico em sala de aula, é a abordagem temática<sup>10</sup> com a metodologia dos momentos pedagógicos. A *abordagem temática* prioriza o cotidiano da realidade do estudante, é uma forma de organizar os conteúdos extraídos desta realidade através de temas significativos para os estudantes e representa uma ruptura com a abordagem conceitual<sup>11</sup> adotada até hoje nas escolas para elaboração do plano de ensino. “A *estruturação da programação segundo a abordagem temática pode ser um dos critérios que ajudarão a equipe de professores a selecionar o que dos conhecimentos científicos precisa ser tratado no processo educativo*” (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p.273).

Os três momentos pedagógicos caracterizam-se pela articulação das ações na sala de aula de forma a não impor conteúdos padronizados nem deixar a aprendizagem ocorrer somente no nível de senso comum. Uma forma sintetizada de descrever esses momentos, que serão explorados no quarto capítulo, é, como

---

<sup>10</sup> Será discutida no capítulo IV desta dissertação.

<sup>11</sup> Forma de organizar os conteúdos escolares dos programas de ensino com base em um elenco de conceitos científicos. (DELIZOICOV, et.al. 2002, p. 272).

coloca Pierson:

*“(...) o primeiro momento de mergulho no real, o segundo caracterizado pela tentativa de apreender o conhecimento, já construído e sistematizado, relacionado a este real que se observa e o terceiro momento de volta ao real, agora de posse dos novos conhecimentos que permitam um novo patamar de olhar” (PIERSON, 1997, p.156).*

Defendemos aqui que esta concepção de educação é um, senão o melhor caminho para que a escola cumpra com sua função social que é de: estar comprometida com a realização da pessoa humana, com a preparação do indivíduo para o trabalho e para o exercício pleno de cidadania. Ela incorpora as quatro premissas apontadas pela UNESCO como eixos estruturadores da educação na sociedade contemporânea, ou quatro pilares da educação: aprender a conhecer (pensar/aprender), aprender a fazer, aprender a conviver, aprender a ser (BRASIL, 1999, p. 29-30).

Nesta perspectiva, o ensino deixa de ser centrado no conhecimento por meio do acúmulo de informações e passa por uma reorganização curricular em áreas de conhecimento. Os PCN que são documentos oficiais na organização curricular das disciplinas, apresentam a Biologia incluída nas “Áreas das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, propondo uma educação de base científica e tecnológica, onde conceito, aplicação e solução de problemas concretos são combinados com uma revisão dos componentes sócio-culturais orientados por uma visão epistemológica que concilie humanismo e sociedade tecnológica.

Por conta desta sociedade tecnológica e seus desdobramentos na área da produção e da informação, a escola brasileira passa por uma enorme ampliação numérica. O ensino básico no Brasil, de acordo com os PCNEM+ (2002) ultrapassou 50 milhões de matrículas nesta última década, dos quais cerca de 10 milhões no ensino médio. Boa parte desses estudantes vêm de famílias em que poucos concluíram a educação fundamental e, além disso, certamente a maioria não freqüentará o ensino superior. Desta forma, é prioridade que o estudante obtenha uma qualificação educacional mais ampla para a vida e para o trabalho ao longo de sua escolarização básica.

Certamente, os objetivos dessa organização da educação pretendida são mais amplos do que os anteriores, que priorizavam a transmissão de conhecimentos disciplinares padronizados, na forma de informações e procedimentos estanques;

agora o que se deseja é promover competências gerais que articulem conhecimentos, que desenvolvam habilidades pessoais e preferências culturais. A nova LDBEN 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), estabelece que o ensino médio representa etapa conclusiva de educação básica de toda a população estudantil, deixando de ter o caráter de preparação para o vestibular ou para cursos profissionalizantes, para através de ações articuladas entre as áreas de conhecimentos se caracterizar como curso preparatório para a vida, com qualificação para a cidadania e para o aprendizado permanente (PCNEM+, 2002).

Entretanto, esses objetivos estão cercados de difíceis obstáculos. Um deles seria como mudar a prática do professor que continua, segundo pesquisas de vários autores aqui referenciados e segundo nossa própria vivência em sala de aula, ensinando de forma disciplinar, transmitindo informações desprovidas de contexto, aplicando uma seqüência de exercícios padronizados, incentivando a memorização. Outro obstáculo vem da própria família e até das instituições escolares, que ficam na expectativa de que o professor é o agente ativo no processo educacional e o estudante o agente passivo, aquele que recebe tudo pronto, e se não aprende é porque o professor não ensinou.

Essas expectativas contribuem para um ensino com baixo desempenho e total desinteresse, o aprendizado e a satisfação no convívio escolar dão lugar à apatia, tensão, até violências, em proporções inconcebíveis.

Diante desse mundo globalizado, teoricamente “democrático”, porém tomado de desigualdades sociais, a educação se destaca como necessária e indispensável, porque representa um norte na construção da prosperidade, da paz, da cidadania, da justiça social. De acordo com os PCNEM (1999), a educação terá um triplo papel: econômico, científico e cultural, estruturada em seus quatro pilares apontados pela UNESCO.

Na fase do ensino médio, a educação já conta com uma maturidade maior por parte dos estudantes, coerente com a perspectiva dos objetivos educacionais, não só em termos de capacidade de apropriação dos conhecimentos científicos, mas principalmente em termos de procedimentos e atitudes que demonstrem habilidades e competências na aplicação desses conhecimentos.

De acordo com os PCN não há uma definição única para as competências, que são qualificações humanas amplas, múltiplas e que não se excluem entre si; tampouco há uma distinção entre competências e habilidades. Os PCN explicitam

três conjuntos de competências: comunicação e representação; investigação e compreensão; contextualização social cultural dos conhecimentos. De forma geral, pode-se conceber cada competência como um feixe ou uma articulação coerente de habilidades, no sentido de abrangência.

Krasilchik (2004) coloca que não há um sentido consensual para as expressões competência e habilidade, mas considera-se que competências são, de forma geral, ações e operações da inteligência que usamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas. As habilidades são decorrentes das competências adquiridas e confluem para o saber fazer. Com o aperfeiçoamento e articulação das habilidades através de ações desenvolvidas, ocorre nova reorganização das competências.

Os professores são os efetivos agentes de qualquer reforma, são eles que estão em sala de aula, vivenciando o dia-a-dia escolar e aplicando as teorias. Suas concepções de ensino, ciência, homem e sociedade precisam ser considerados, pois estruturam sua prática pedagógica. É comum nos depararmos com um distanciamento entre o que é proposto nos documentos oficiais da educação com o que realmente se efetiva em sala de aula.

Temos presenciado resultados de pesquisas que nos angustiam, como tem sido apontado pelo PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), que a maior parte dos estudantes não conseguem aplicar os conceitos básicos de ciências e apresentam uma enorme deficiência na capacidade de raciocínio. O aprendizado não atende às exigências mínimas, a maioria dos professores continua transmitindo os conteúdos de maneira vertical, memorística, não incentivando a curiosidade dos estudantes (ZANCAN, 2003). Estes são fatores que certamente contribuem com índices altos de evasão escolar, pessoas que passam pela escola mas não permanecem. Como conseqüência, as manchetes de jornais nos jogam na cara, diariamente, um aumento crescente da desigualdade social neste país, de desemprego, de violência urbana. Não podemos dizer que não temos nada a ver com isso, o que podemos é deixar de centrar nossa atenção naquilo que pensamos ser exigência da disciplina que lecionamos (quantidade de conteúdos), exigência de pais e profissionais da educação que defendem uma escola formatada e avançarmos em propostas que mobilizem o ensino na aquisição de habilidades manuais e intelectuais desse indivíduo que é o foco de nossa atenção.

*“Reconhecer o estudante como foco da aprendizagem significa considerar que os professores têm um papel importante de auxílio em seu processo de aprendizagem, mas, sobretudo, perceber que, para de fato poderem exercer esse papel, é preciso pensar sobre quem é esse estudante”* (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p.125).

Pesquisas como a de Ricardo (2002) revelam que ainda há muito para ser feito em relação à efetiva implantação de propostas de ensino como a dos PCN no ambiente escolar. Ele coloca que debates precisam ser feitos, que todo esse processo teria que ser acompanhado de uma efetiva formação continuada e que obstáculos como: carência de material didático próximo do que sugerem os PCN, baixos salários, desvalorização do profissional da educação, diferenças no ensino entre escola pública e privada que dificultam aos egressos continuarem seus estudos em níveis superiores e cobranças da direção sobre os registros das competências e habilidades nos livros de classe, contribuem com a sensação, por parte dos professores, de estarem fora do processo. Eles justificam que são as autoridades que, por desconhecerem a realidade de sala de aula, criam leis difíceis de serem aplicadas e com isso, causam desânimo no exercício desta profissão.

Sabemos que condições precisam ser dadas aos professores para que possam estar preparados para participarem ativamente da elaboração do projeto político-pedagógico da escola e que tenham claro o propósito ético-político que propõem implantar para não correrem o risco, como destaca Ricardo (2002) de caírem em um discurso simplista, carente de aprofundamento.

Krasilchik (2004), corrobora as colocações de Ricardo (2002) ao afirmar que o reflexo dos PCN em sala de aula está por ser avaliado, e informa que dados preliminares indicam que os professores criticam tanto a tentativa da homogeneização, como o seu distanciamento das discussões de elaboração do material e a falta de um projeto amplo que envolva todas as ações da escola. Ela considera que o impacto dos PCN foi relevante no currículo teórico elaborado por entidades oficiais e autores dos livros, porque com essa nova visão da biologia, os conteúdos dos livros didáticos deverão aos poucos se adequar a esse ensino que envolve os estudantes em discussões de problemas sociais que estejam vivendo e que fazem parte de sua realidade, mantendo assim uma comunicação entre escola e comunidade.

O impacto considerado por Krasilchik diz respeito à apresentação do currículo

de Biologia que ainda hoje reflete momentos históricos do desenvolvimento da ciência das décadas de 1950 e 1960, onde era depositada esperança na ciência e tecnologia para a solução de problemas da humanidade. Hoje, muitos educadores admitem que a biologia tem outras funções além das já desempenhadas no currículo, como a de preparar o jovem para enfrentar e resolver problemas do seu cotidiano. Krasilchik propõe que descobertas recentes na medicina e na genética humana são possibilidades excelentes de vincular aspectos científicos à vida dos estudantes.

*“O tratamento de novos temas exigirá do professor uma relação estreita com a comunidade, de forma que possam ser considerados assuntos relevantes que não alienem os estudantes do ambiente cultural onde vivem, mas que, ao contrário, permita-lhes entendê-lo e analisá-lo, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida de sua comunidade” (KRASILCHIK, 2004, p.41).*

Além das razões apontadas por Ricardo (2002) e Krasilchik (2004), para as críticas dos professores aos PCN, devemos apontar também a questão da resistência a mudanças, pois vivenciamos na rede municipal, onde realizamos um trabalho de coordenação pedagógica, a constante necessidade do professor em programar suas aulas baseadas em roteiros de livros didáticos. Propusemos estudar as propostas dos PCN e PCSC e observamos a grande dificuldade dos professores em analisar esses documentos para subsidiar nossa proposta de ensino.

Ressaltamos que consideramos importante analisar os diferentes pontos de vista encontrados sobre qualquer situação posta. Tratando-se dos PCN, verificamos que, em agosto de 2004, na revista *Educação*, nº 88, o consultor João Batista Oliveira, pesquisador e ex-secretário executivo do Ministério da Educação, criticou a falta de nitidez dos Parâmetros Curriculares Nacionais, classificando-os como ambíguos e vagos. Apontou que o grande problema dos PCN é que misturam conteúdo, metodologia, processo e ainda têm uma carga de ideologia. Na questão da ideologia, ele refere-se ao construtivismo como parâmetro para alfabetização. Para ele, os PCN reforçam a confusão que existe na educação brasileira entre orientação nacional (definida pelo Ministério de Educação) que orienta os programas de ensino definidos por secretarias de educação e a proposta pedagógica (elaborada pelas escolas). Segundo Oliveira (2004), os PCN deveriam dizer o que deve ser ensinado e quando para os professores, porque é isso que os professores precisam saber. Concentra sua crítica na alfabetização, porque para ele os PCN

confundem ler e compreender.

O Ministério da Educação, através da Secretaria de Educação Média e Tecnológica, tem subsidiado alguns materiais de apoio, como o programa “PCN em ação<sup>12</sup>”, programa TV Escola e, mais recentemente, o PCNEM+ (Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais) com o objetivo de auxiliar o professor a chegar o mais próximo possível da construção de um currículo bem elaborado e facilitar a tarefa de desenvolver competências. Para isso, esse documento explicita a articulação das competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares e apresenta sugestões de atividades educacionais e de organização dos currículos que estabeleçam tal articulação.

Como sugestão, os PCNEM+, apresentam um trabalho pedagógico baseado na abordagem por competências<sup>13</sup> com os temas estruturadores<sup>14</sup> do ensino disciplinar em cada área. Uma opção metodológica que organiza os conteúdos de forma que competência e conhecimentos são desenvolvidos em conjunto e se reforçam reciprocamente, é uma sugestão de trabalho, não um modelo fechado. Fenômenos biológicos devem ser percebidos e interpretados para que sirvam de instrumento na orientação de decisões e intervenções postas pela vida.

Desta forma, cada disciplina abrange um conjunto de conhecimentos que não se restringem a tópicos disciplinares, a competências gerais ou habilidades, mas constituem uma síntese de ambas as intenções formativas.

*“(...) as disciplinas não estão usualmente organizadas em termos de competências, mas em termos de tópicos disciplinares, seria útil esboçar uma estruturação de ensino capaz de contemplar, a um só tempo, uma coisa e outra. Essa é a idéia que preside a concepção de temas estruturadores do processo de ensino” (PCNEM+ 2002 p.16).*

Os PCNEM+ discutem a idéia de temas estruturadores e articulações entre disciplinas em cada área, no processo de ensino, apresentarem num determinado contexto os conhecimentos escolares já associados a habilidades e competências. Aparentemente parece estar implícita a dependência de um trabalho interdisciplinar

---

<sup>12</sup>PCN em ação: material de apoio e incentivo no desenvolvimento profissional de professores e especialistas em educação articulando a implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Organizado em módulos. (2001).

<sup>13</sup> Abordagem por competência: os PCNEM+ 2002, apresentam a relação das competências por área e por disciplina seguidas de exemplos explicativos.

<sup>14</sup>Temas estruturadores do ensino: uma das formas de organização dos conhecimentos por competência, proposta pelos PCNEM+ 2002.

em todo o aprendizado, o que nem sempre é possível e necessário. O mais importante é o estabelecimento de metas comuns envolvendo cada uma das disciplinas de todas as áreas, a serviço do desenvolvimento humano dos estudantes e também dos professores.

O ensino por competência, como sugere os PCNEM+ para a disciplina de Biologia, nos coloca o desafio de organizar o conhecimento não a partir da lógica que estrutura a ciência, mas de situações de aprendizagem que tenham sentido para o estudante. O papel do conhecimento a ser apreendido na escola passa a ser o de ferramenta para o estudante agir em diferentes contextos da vida. A ciência torna-se meio para ampliar a compreensão da realidade vivida.

As competências apontadas pelos PCNEM+ (representação e comunicação, contextualização sócio-econômica e investigação e compreensão) propõem como a área das Ciências da Natureza e da Matemática se articula com as outras áreas de conhecimento dos PCN, que são: Linguagens e Códigos, Ciências Humanas. Pressupõem que o principal interesse da Biologia contemporânea é a compreensão de como a vida se estabelece, se organiza, se reproduz. O documento apresenta questionamentos comuns à nossa preocupação na organização desta pesquisa e no nosso cotidiano escolar:

*Como trazer essas temáticas atuais para a sala de aula de tal forma que representem conjuntos de situações que podem ser vivenciadas, analisadas, reiventadas, problematizadas e interpretadas?*

*Como lidar com a Biologia contemporânea na escola de maneira que esse conhecimento faça diferença na vida de todos os estudantes, independentemente do caminho profissional que vão seguir, de suas aptidões ou preferências intelectuais?*  
(PCNEM+ 2002, p.41)

Certamente não há um caminho único que responde essas e outras questões que buscam tornar o ensino de Biologia significativo. Estaremos nessa pesquisa sinalizando alguns desses caminhos.

O ensino de Biologia, de acordo com a Proposta Curricular de Santa Catarina (1998), deve estar voltado à apropriação do conhecimento biológico e ao desenvolvimento das responsabilidades social e ética dos estudantes, inseridos no movimento da sociedade pela conquista da cidadania. A função social do Ensino de Biologia é de contribuir para ampliar o entendimento que o indivíduo tem de sua própria organização biológica, do lugar que ocupa na natureza e na sociedade e das

possibilidades de interferir na dinamicidade dos mesmos, através de uma ação mais coletiva, visando à melhoria da qualidade de vida. A disciplina de Biologia no Ensino Médio deve, acima de tudo, oportunizar ao educando uma maior aplicação dos conhecimentos desta área, no seu cotidiano.

Os avanços da ciência e da tecnologia devem chegar à sala de aula, também pelos conteúdos de biologia. O conhecimento biológico requer do estudante a capacidade de abstração conceitual, como condição básica para o educando poder elaborar generalizações, proposições e esquemas explicativos adequados à sua compreensão das coisas, permitindo que o mesmo possa interferir no meio em que vive e aplicar conscientemente esse saber apreendido em benefício de si e da sociedade. Isso implica na busca de estratégias e metodologias condizentes com a construção do conhecimento, com o envolvimento ativo de todos os participantes no processo, para que a aprendizagem seja realmente significativa.

*“Tornar a aprendizagem dos conhecimentos científicos em sala de aula num desafio prazeroso é conseguir que seja significativa para todos, tanto para o professor quanto para o conjunto dos estudantes que compõem a turma. É transformá-la em um projeto coletivo, em que a aventura da busca do novo, do desconhecido, de sua potencialidade, de seus riscos e limites seja a oportunidade para o exercício e o aprendizado das relações sociais e dos valores” (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p.153).*

## **II. A CLONAGEM NA NATUREZA, NO LABORATÓRIO, NA BIOÉTICA E NO ENSINO.**

Pretendemos neste capítulo apresentar alguns conhecimentos sobre clonagem e justificar a escolha deste tema para ensinar Biologia. Para a elaboração deste capítulo, utilizamos informações de diversas fontes bibliográficas, pois se trata de um tema polêmico e atual, sobre o qual diariamente surgem novas informações. As principais fontes foram: Zatz (2003), Pereira (2002), Pranke (2004), Azevêdo (2005), Garrafa (2003), diversos artigos publicados em revistas científicas e de divulgação científica, assim como na Internet. Delimitamos o período entre 1997 e meados de 2005 para pesquisa bibliográfica sobre o assunto.

### **II. 1- A clonagem como fenômeno biológico e como técnica.**

A origem do termo clone encontra-se na palavra grega *klón*, “broto”, que designa um pedaço cortado de uma planta, que pode propagar-se originando plantas exatamente idênticas em sua composição genética, por meio de mudas. Basicamente, “clonagem” significa “cópia”. O termo *clone* foi definido por Herbert J. Webber em 1903, como uma população de moléculas, células ou organismos que se originaram de uma única célula e que são idênticas à célula original e entre elas” (ZATZ, 2003, p.42).

A clonagem é uma forma natural de reprodução em diversas espécies, como bactérias, amebas, plantas, leveduras, algas e, excepcionalmente, animais. A técnica de clonagem em plantas provavelmente já era utilizada pelas primeiras civilizações agrícolas. Ao fazerem as mudas os agricultores e jardineiros estão produzindo clones e muitas vezes a clonagem é a única forma de fazer a multiplicação de uma planta, como no caso da bananeira e, geralmente, da parreira.

Como o termo clone indica identidade genética, pode descrever moléculas geneticamente idênticas, por exemplo: clones de DNA e anticorpos monoclonais, células geneticamente idênticas ou organismos geneticamente idênticos. No caso dos organismos unicelulares, este fenômeno é comum e ocorre no processo de reprodução assexuada chamada bipartição, cissiparidade ou divisão binária, que

origina duas células a partir de uma. Em alguns organismos pluricelulares, pode ocorrer a clonagem natural na reprodução assexuada do tipo laceração, como ocorre com as planárias, ou brotamento, como no caso das esponjas.

O termo clone foi amplamente divulgado com filmes como *Admirável mundo novo*, baseado no livro *Admirável Mundo Novo* escrito por Aldous Huxley em 1931 e *Parque dos Dinossauros*, baseado no livro *Parque dos Dinossauros*, escrito por Michael Crichton, entre outros. Na televisão este termo foi popularizado no Brasil com a novela “*O Clone*” e em desenhos animados, mas aparece também em áreas não relacionadas às ciências biológicas, com termos como “clonagem de telefones celulares, de cartões magnéticos, de placas de automóveis” e tantos outros.

Nos humanos, a clonagem ocorre naturalmente quando um óvulo é fecundado por um espermatozóide e, durante as primeiras divisões celulares do zigoto, ocorre a separação em dois grupos de células que originam dois embriões, os chamados gêmeos monozigóticos ou univitelinos. Eles receberam basicamente o mesmo conjunto de instruções genéticas dos dois progenitores.

A clonagem realizada em laboratório é uma técnica articulada a outras tecnologias ligadas ao controle de expressão gênica na multiplicação celular animal e vegetal, tais como: inseminação artificial, transferência de embriões, transferência de genes, fecundação *in vitro*.

Segundo Pereira (2002), pesquisadores estudam a clonagem a partir de duas motivações principais. Uma delas é a de entender os mecanismos celulares que originam, durante o desenvolvimento do embrião, células diferentes apesar de possuírem o mesmo genoma. A outra motivação, de ordem mais prática, é a possibilidade de criação de cópias idênticas de indivíduos com características desejáveis, como por exemplo, uma árvore que produza frutos mais saborosos ou tenha a madeira de qualidade superior, ou uma vaca que produza muita carne e muito leite. Por meio de métodos clássicos de reprodução, estas características podem ser obtidas se selecionados os indivíduos cruzados, porém, na reprodução sexuada há combinação de genomas e os filhos herdam genes dos dois progenitores, apresentando características diversas destes. O clone, por possuir os mesmos genes de sua “matriz”, reproduzirá as características desejáveis mais fielmente. A clonagem pode ser entendida como uma ferramenta de trabalho que contempla diferentes setores estratégicos, científicos ou produtivos. Na reprodução

animal, a clonagem de embriões atende tanto a programas de melhoramento genético como de regeneração de recursos genéticos em vias de extinção.

O impacto ambiental dessas tecnologias está vinculado à seleção do material genético a ser multiplicado, que pode gerar um impacto ecológico por reduzir a diversidade genética. A diminuição da biodiversidade representa riscos no caso de o animal reproduzido por clonagem ser sensível a determinados agentes patológicos, porque, se houver infecção, o rebanho inteiro será dizimado. O impacto econômico está vinculado a um ganho genético em termos de tempo, porque através da clonagem multiplicam-se quantidades maiores de organismos com características desejáveis num tempo menor do que o exigido por métodos convencionais. Em pesquisas na agropecuária, a clonagem representa avanços na produção em série de animais geneticamente modificados (transgênicos).

*“A clonagem bem-sucedida de ovelhas e de vacas adultas é claramente atraente para pessoas que desejam perpetuar rebanhos premiados, cavalos de corrida, animais de estimação e espécies ameaçadas de extinção. Além do mais, animais transgênicos podem ser clonados. O caminho tradicional para se fazer um animal transgênico é pela microinjeção pronuclear, contudo, esse método pode ser muito ineficiente. Ovelhas transgênicas e outros animais domésticos têm sido produzidos para servir como biorreatores, fontes de produtos médicos valiosos, como a insulina humana” (STRACHAN, e READ, 2002, p. 508).*

A clonagem de seres vivos, especialmente de animais, pode ser feita em laboratório basicamente de duas maneiras. Uma delas consiste em separar células de um embrião em seu estágio inicial de multiplicação celular, o que resulta na produção de indivíduos exatamente iguais entre si quanto ao patrimônio genético. Nesta técnica, chamada de bipartição de embriões, um embrião de oito células é dividido ao meio por uma lâmina finíssima e os dois embriões resultantes são transferidos cada um para o útero de uma fêmea que desenvolverá a gestação do embrião. Assim, de um óvulo e um espermatozóide são originados dois embriões geneticamente idênticos. O processo de bipartição pode originar de dois a quatro embriões clonados.

A outra técnica de clonagem que ficou mais conhecida devido à repercussão da ovelha Dolly é a de transferência nuclear, que consiste em remover o núcleo de uma célula diferenciada e transplantá-lo num oócito (óvulo), cujo núcleo foi removido. O oócito “renucleado” é estimulado em meios de cultura a desenvolver e

originar um embrião clone, que carrega o genoma nuclear de apenas um indivíduo, portanto clone do doador do material genético, com características já conhecidas porque já se conhece o ser adulto que originou o clone. Este processo difere daquele que resulta em gêmeos univitelinos, pois estes são formados depois da fusão de gametas oriundos de dois indivíduos. Os embriões clones, no caso de gêmeos univitelinos, apresentarão características novas, diferentes dos adultos que os originaram, porque são produtos de uma fecundação que contém uma combinação gênica não planejada.

A partir de células adultas, de tecido epitelial da glândula mamária, cultivada *in vitro*, Wilmut e seus colaboradores, em julho de 1996, no Instituto Roslin, na Escócia, produziram uma cópia geneticamente idêntica a uma ovelha adulta, da raça Finn-Dorset, a Dolly. O procedimento de transferência nuclear inclui, basicamente, a preparação de um oócito enucleado, o isolamento da célula doadora do núcleo, a ativação do citoplasto (oócito enucleado), a fusão nuclear seguida da cultura do embrião para, por fim, ser transplantado para o útero de uma fêmea hospedeira. Este experimento foi publicado em fevereiro de 1997 na revista científica Nature, (WILMUT et al. 1997), e divulgado pelo jornal The New York Times. O fato rapidamente espalhou-se por todos os cantos do mundo e deflagrou um intenso debate que prossegue até os dias de hoje, porque pela primeira vez, um núcleo de célula diferenciada foi reprogramado para se tornar totipotente, isto é, capaz de se comportar como um oócito fertilizado.

*“O indivíduo que doa o núcleo e o indivíduo que se desenvolve a partir do oócito “renucleado” são geralmente descritos como clones, mas deve-se observar que eles apenas partilham o mesmo DNA nuclear; eles não partilham do mesmo DNA mitocondrial, diferente de gêmeos geneticamente idênticos” (STRACHAN, e READ, 2002. p.508).*

Segundo Goldim (2003), a clonagem por transferência nuclear foi proposta teoricamente pelo Professor Hans Spemann, biólogo alemão, (1869-1941), em 1938 e já na década de 50, os pesquisadores Robert Briggs e Thomas J. King, do Instituto Carnegie de Washington, em 1952 conseguiram clonar embriões de anfíbios, utilizando células de embriões como fonte doadora de núcleos e vários oócitos como citoplasmas receptores dos núcleos. *Eles obtiveram os primeiros clones de rãs, por substituição de núcleos celulares (GOLDIM, 2003).*

Rodriguez (2002) relata experimentos realizados em 1960, com girinos, para observar como se desenvolveria um organismo a partir de uma célula inicial, o zigoto, na qual houvesse inserção de núcleo de uma célula já diferenciada.

Entretanto, Rumjanek (1997 e 2001) coloca que embora esses experimentos tenham estabelecido a metodologia necessária para que núcleos de células diferenciadas fossem transferidos para oócitos enucleados, as primeiras clonagens por transferência nuclear de células diferenciadas para oócitos não-fertilizados só foram realizadas em 1975 a partir de células da pele de rãs da espécie *Xenopus leavis*. Essas experiências não resultaram na forma adulta do anfíbio, mas certamente foram os primeiros indícios de que uma célula diferenciada, como a de pele, mantinha seu potencial de ativar todos os seus genes para iniciar novamente a formação de um embrião, como ocorre com o zigoto.

Células diferenciadas são aquelas que, durante o desenvolvimento embrionário, sofrem uma série extensiva de divisões celulares e processos complexos de diferenciação, ainda não elucidados, que as diferenciam nos diversos tipos de tecidos que compõem o corpo, ou seja, são células com identidade própria. Até recentemente pensava-se que esses processos eram acompanhados de modificações irreversíveis no genoma. O conhecimento que se tem é de que os genes que controlam a manutenção do metabolismo celular (*housekeeping genes*) são mantidos ativos em todas as células do organismo, enquanto que os demais genes só estarão ativos nas células onde são necessários ao funcionamento do tecido ou órgão, sendo inativados ou silenciados nas outras. O controle desse processo de diferenciação é um dos maiores desafios da pesquisa atual, à medida que passarem a ser compreendidos os complicados sinais químicos e genéticos que controlam o crescimento e a diferenciação celular, a medicina terá grandes avanços no campo das terapias genéticas (COOKSON, 2005, p.68).

Tal experimento foi testado em diferentes espécies animais durante vários anos, inclusive em mamíferos, mas diferentemente da clonagem de embriões, ou de células como o cumulus, oriundas do aparelho reprodutor feminino ou de células fetais, a perspectiva da clonagem a partir de células de adultos parecia remota. Pesquisadores na época chegaram a anunciar que os recursos técnicos disponíveis estavam esgotados em pesquisas com mamíferos e eles estavam decididos a desistir deste desafio (RUMJANEK, 2001).

*“Não há registro na literatura, nem mesmo em rãs, de que o transplante do núcleo de uma célula adulta tenha resultado num animal adulto; ao contrário, os embriões renucleados passaram pelos estágios iniciais de desenvolvimento mas a partir de então não se desenvolveram e não chegaram a termo. Uma variedade de experimentos iniciais em camundongos também não teve sucesso até que o estudo fundamental de Wilmut et al. (1997) relatasse a clonagem bem-sucedida de uma ovelha adulta” (STRACHAN, e READ, 2002. p.508).*

No Brasil, a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias), tem realizado pesquisas em clonagens e em transgênicos, no Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia em Brasília. O projeto de clonagem com bovinos visa, segundo Rumpf (2001), a regeneração de bancos genéticos, a multiplicação de animais com características genéticas selecionadas e o resgate e a multiplicação de raças silvestres ou comerciais em risco de extinção.

O primeiro clone de mamífero brasileiro, a bezerra Vitória, da raça simental (leiteira), foi produzida em 2001, com uma técnica muito semelhante à que a equipe de Wilmut usou para obter Dolly (RUMPF, 2001). A grande diferença está na origem da célula doadora do núcleo, que contém o material genético a ser clonado. A ovelha Dolly foi clonada a partir de células de tecidos adultos (glândula mamária) de uma ovelha de sete anos, já a bezerra Vitória foi clonada a partir de células de um embrião de cinco dias, que não chegou a nascer. Este fato foi inclusive motivo de muitos questionamentos quando anunciaram o nascimento de Vitória, pois não havia o animal vivo do qual ela foi clonada. Assim como a ovelha Dolly, Vitória não é um clone “verdadeiro”, porque no oócito que recebeu o núcleo celular havia o DNA mitocondrial.

*“O citoplasma é importante porque contém todas mensagens que permitem a reprogramação do núcleo. Alguns anos atrás, atribuíamos todo esse mérito ao núcleo. Hoje sabemos que se não for um bom citoplasma e se ele não estiver devidamente sintonizado com o núcleo não vamos ter sucesso” (RUMPF, 2001, p.6).*

O primeiro animal clonado no Brasil a partir de células de um animal adulto foi a bezerra Penta, nascida em Jaboticabal (SP), em julho de 2002, por experiência realizada por pesquisadores da Unesp, Universidade Estadual Paulista, que retiraram células da cauda de uma vaca Nelore pura com 17 anos de idade. (ZATZ, 2004)

A clonagem de Dolly foi um processo muito ineficiente. De quatrocentos e trinta e quatro oócitos submetidos ao procedimento, duzentos e setenta e sete embriões foram criados pela técnica de transferência nuclear. Destes, apenas vinte e nove se desenvolveram em mórulas ou blastocistos e foram transferidos para treze ovelhas recipientes, resultando em uma única ovelha nascida, um rendimento de 0,4%. O processo envolve ainda ameaças como infecções, peso elevado ao nascer e defeitos decorrentes da própria manipulação. As razões da ineficiência do procedimento da clonagem em todas as espécies de seres vivos ainda são, em grande parte, desconhecidas.

A polêmica ligada a esta biotecnologia está relacionada principalmente à percepção imediata de que o processo poderia em pouco tempo ser realizado com o ser humano, o que compreensivelmente abalou a imaginação popular e gerou uma enorme controvérsia, inclusive no ensino, porque os alunos acabam relacionando a técnica somente com seres humanos. Perguntas como: *Já foram clonados seres humanos? É possível clonar pessoas mortas? Os clones já nascem velhos? Órgãos podem ser clonados? Clones possuem alma?* emergem todo o tempo no imaginário popular e isto tem provocado posicionamentos vagos, muitas vezes destituídos de bases científicas.

No mesmo ano que divulgaram o nascimento da Dolly, os pesquisadores do Instituto Roslin produziram por clonagem uma outra ovelha, a Polly, um clone transgênico, organismo modificado com gene humano introduzido em suas células para produção de proteínas que atuam na coagulação do sangue. Ela deveria produzir leite contendo a proteína chamada fator IX, utilizada no tratamento da hemofilia tipo B.

Polly é um exemplo de uso da clonagem para replicar cópias de animais geneticamente modificados que produzam substâncias de interesse da indústria alimentícia ou farmacêutica. Para a engenharia genética, a transferência nuclear é relevante para a produção de transgênicos, uma vez que permite a produção de cópias do mesmo animal em grande escala (ABREU, 2005, p.11).

## II. 2 - A clonagem reprodutiva

Como já vimos, a clonagem pode representar uma forma de reprodução comum às plantas e aos organismos unicelulares. A grande novidade com o advento da Dolly foi a possibilidade da clonagem de mamíferos, que representou também uma grande preocupação. Se, por um lado, existe consenso na comunidade de cientistas quanto à proibição da reprodução humana por clonagem (clonagem reprodutiva), existem controvérsias quanto à utilização da clonagem humana com a finalidade de se obter tecidos para transplante (clonagem terapêutica).

As tentativas posteriores de clonar mamíferos (porcos, camundongos, bezerros, cavalos, veados) por transferência nuclear de células adultas têm confirmado uma eficiência muito baixa, com grandes proporções de abortos e malformações embrionárias. Penta, por exemplo, o primeiro clone brasileiro obtido por esta técnica, apresentou falhas no sistema imunológico e morreu de infecção generalizada com pouco mais de um mês de vida (ZATZ, 2004).

Em dezembro de 2001, nasceu Cc (Copy Cat), um clone de gata obtido por transferência nuclear que, no entanto, revelou-se diferente da gata Rainbow doadora do núcleo, já que o tipo de pelagem e a cor não dependem apenas da genética mas também de processos que ocorrem durante o desenvolvimento do embrião, na placenta. Apesar disso, Cc foi declarada comprovadamente um clone, depois da publicação do artigo dos pesquisadores na revista *Nature*. Um ano depois da publicação, as diferenças entre a cópia e o original se mostraram ainda maiores com relação ao comportamento (FIGUEIRA, 2005).

Cães foram clonados pela primeira vez, pela técnica de clonagem por transferência nuclear de células de orelha de um cão adulto, em 2005, por cientistas sul-coreanos, que também clonaram embriões humanos em 2004. Segundo Reinach (2005), os coreanos deixaram claro o número enorme de tentativas (mais de 1000) e o grande número de cadelas (mais de 100) que utilizaram para obter um único cachorro saudável.

As experiências de clonagem por transferência nuclear com células adultas realizadas com macacos rhesus, primatas bem próximos dos seres humanos, ainda não resultaram em animais nascidos vivos. Os macacos Neti e Ditto, clonados no Centro de Pesquisas de Primatas do Oregon, EUA, em 1997, foram obtidos a partir de células embrionárias (COLAVITTI e GIRARDI, 2003).

A reprodução sexuada se inicia com uma única célula, o zigoto, resultado da união do óvulo com o espermatozóide. Essa primeira célula já tem em seu núcleo o total de DNA, com toda a informação genética para gerar um novo ser. Em humanos, com exceção das células sexuais ou haplóides, que têm vinte e três cromossomos, todas as demais células têm vinte e três pares de cromossomos e são chamadas células somáticas ou diplóides. Durante a fecundação, duas células com vinte e três cromossomos se fundem para originar o zigoto, que começa a se dividir formando duas, quatro, oito células, cada uma delas com capacidade de formar um ser humano completo, por isso são chamadas de células totipotentes. Na fase de oito para dezesseis células, começam a se formar duas camadas de células. A externa irá formar placenta e anexos embrionários e a massa interna de células vai originar o embrião propriamente dito, o chamado botão embrionário.

Segundo Zatz (2003) após 72 horas, este embrião, possui cerca de 100 células e ao quinto dia, com aproximadamente 200 células, já é chamado de blastocisto. É nesta fase que se implantará na cavidade uterina e iniciará um complexo processo de divisões celulares, que em etapas progressivas, originarão grupos celulares que começam a adquirir forma e funções específicas. Essas células embrionárias, que inicialmente eram todas iguais, indiferenciadas, são as células-tronco embrionárias que posteriormente começam a se diferenciar em tecidos que formarão os órgãos do corpo. Apesar de todas as células do corpo, terem os mesmos genes, a expressão gênica é específica para cada tecido.

Com a criação de Dolly, foi possível demonstrar que células de mamíferos já diferenciadas poderiam ser reprogramadas e voltar a ser totipotentes, ou seja, voltar a se comportar como células embrionárias, tornando ativos todos os seus genes, mas foi também com estudos realizados com a Dolly que se evidenciaram os perigos decorrentes da clonagem por transferência nuclear de células adultas, dentre eles o envelhecimento precoce. Esse fato trouxe a noção de que as células poderiam ter um programa de vida contido em seu genoma. Dolly foi sacrificada em 2003, por estar sofrendo de uma doença degenerativa, comum em ovelhas com muita idade. Membros do grupo escocês liderado por Ian Wilmut, que realizam esses tipos de experiências, afirmam que praticamente todos os animais clonados nos últimos anos a partir de células adultas estão com problemas. Nos poucos animais que chegam a nascer, são observadas inúmeras anomalias: telômeros encurtados que sinalizam perda de pequenas porções de material genético, o que normalmente só ocorre com

a velhice; placentas anormais; gigantismo; defeitos cardíacos; problemas pulmonares; problemas imunológicos e defeitos musculares (ZATZ, 2003).

Diante de tantos problemas, concordamos com a maioria dos pesquisadores de renome na comunidade científica que pedem o banimento da clonagem humana com fins reprodutivos. O médico italiano Antinori, anunciou em 2001 que seria o primeiro a clonar um ser humano e a pesquisadora Brigitte da empresa Clonaid, ligada à seita raeliana afirmou em 2003, que já havia obtido um clone humano. Porém essas notícias jamais foram confirmadas e caíram rapidamente no esquecimento popular. Entretanto, os Comitês de Ética em Pesquisas estão atentos, por tratar-se de pesquisas que dão margens a violação de regras, acordos e condutas estabelecidas.

É importante ainda ressaltar que, como afirma Pena (1999), o comportamento humano é uma função tanto do genoma quanto do ambiente. Diferenças no ambiente uterino, que certamente existirão entre o indivíduo quando foi gerado e seu clone, gerado tempos depois, na dieta alimentar, nos cuidados, costumes, ocupação, educação, preferências, serão suficientes para impossibilitar qualquer duplicação perfeita de um indivíduo que garantem a individualidade do clone. A clonagem não produz cópias idênticas do mesmo indivíduo. Isto se aplica tanto aos gêmeos monozigóticos quanto aos indivíduos clonados (SANTOS, 2001).

Strachan (2002) aponta outras utilizações da técnica de clonagem por transferência nuclear em células humanas e coloca que avanços tecnológicos ocorrerão na clonagem animal e se os procedimentos se tornarem eficientes, sem riscos, poderá haver pressões para uso de substituição nuclear em células humanas, para evitar transmissão de alguns tipos de doenças genéticas, sem envolver a clonagem reprodutiva humana, como nesse caso abaixo.

*A substituição nuclear poderia ser usada para evitar a transmissão de doenças hereditárias oriundas da mitocôndria. Lá, um óvulo não-fertilizado tirado de um indivíduo com a doença mitocondrial poderia agir como o doador, com o núcleo sendo transferido para um óvulo enucleado de um doador contendo mitocôndrias normais. O óvulo reconstruído poderia então ser fertilizado in vitro” (STRACHAN e READ, 2002, p. 509).*

A Coréia do Sul é um país onde as pesquisas com células-tronco têm sido intensas e é onde surgiram os primeiros resultados da clonagem por transferência nuclear em embriões humanos, em 2004. Eles conseguiram usar núcleos de diferentes tipos de células somáticas, de indivíduos de diferentes idades, inclusive

de pessoas portadoras de doenças genéticas, como por exemplo a hipogamaglobulinemia congênita, uma desordem genética do sistema imunológico. Segundo Kolata (2005), os cientistas sul-coreanos não pretendem fazer clonagem reprodutiva, o que na Coreia do Sul é considerado crime, mas, entender como são formadas as células lesadas dos tipos específicos das doenças dos pacientes e passo a passo compreender os mecanismos básicos de cada doença.

*“(...)Com estas linhagens as células podem ser observadas desde os estágios iniciais de desenvolvimento, podem ser diferenciadas nos diferentes tecidos e podemos então tentar desvendar a contribuição dos fatores genéticos e epigenéticos nestas doenças multifatoriais sobre as quais sabemos muito pouco. Há ainda a possibilidade de investigar, por exemplo, novos medicamentos e drogas nestas doenças em um cenário muito mais adequado” (MENDEZ-OTERO, 2005).*

Todos estes conhecimentos a respeito do comportamento das células, na manifestação das doenças, representam um desafio para os cientistas ao longo de todos esses anos. Estudos como os que estão sendo propostos pelos cientistas sul-coreanos, talvez possam contribuir com as idéias defendidas por Keller (2002), quando ressalta a importância não só do núcleo na determinação das atividades celulares, mas também de toda a célula, bem como de todo o ambiente onde vive o organismo.

Keller (2002) sinaliza para o grande abismo entre a informação genética e o significado biológico. Pesquisas atuais revelam, segundo a autora, que o conceito de um programa para o desenvolvimento de um organismo é muito mais complexo do que um conjunto de instruções escrito em um “alfabeto de nucleotídeos”. Ela refere-se a novos organismos que foram formados pela clonagem por transferência nuclear quando questiona: “*Se o programa de desenvolvimento reside no genoma, por que não seria possível clonar um novo organismo a partir do núcleo de uma célula de um adulto?*” (KELLER, 2002, p.103).

Keller (2002) coloca que o nascimento de Dolly foi tão notável porque demonstrou que o genoma de mamíferos não sofre mudanças irreversíveis no curso do desenvolvimento, como se acreditava, e que o estudo do citoplasma, e não apenas do núcleo da célula, é também importante para o entendimento dos processos de diferenciação celular.

## II. 3 - A clonagem terapêutica e os sinais de esperança

A clonagem denominada terapêutica é aquela que ocorre pela técnica de transferência nuclear como meio para tratar ou curar doenças, como por exemplo, acidentes vasculares, lesões da medula espinhal, distrofias musculares, mal de Parkinson, esclerose múltipla, lesões hepáticas e renais. Os objetivos esperados dessa técnica são, por um lado, poder gerar tecidos para recuperação de áreas danificadas no organismo e por outro, injetar células-tronco embrionárias nas regiões afetadas para que elas ocupem os lugares das células danificadas, substituindo-as em suas funções.

Segundo Geraque (2004), o primeiro relato de tratamento com células-tronco ocorreu no ano de 1988, no Hospital Saint-Louis, em Paris, França, quando a médica francesa Eliane Gluckman aplicou a técnica em um de seus pacientes com anemia de Fanconi. Por não ter tempo de encontrar um doador de medula óssea compatível, ela decidiu introduzir células-tronco de cordão umbilical da irmã do doente para tentar barrar a doença e o resultado foi considerado excelente. A partir dessa experiência, a utilização de células-tronco de cordão umbilical passou a ser vista como uma alternativa viável no tratamento dessa e de outras doenças e pesquisas nessa área despertaram interesses nas comunidades científicas.

Pranke (2004) relata que um procedimento curativo com células-tronco mais antigo, que teve início na década de 1970, foi o Transplante de Medula Óssea, que já salvou muitas vidas. Trata-se de tratamento com células-tronco hematopoiéticas, que beneficiam pacientes com doenças hematológicas como leucemia, aplasias da medula e outras doenças imunológicas.

O organismo humano desenvolveu, ao longo de sua evolução histórica, mecanismos de rejeição às várias substâncias estranhas que nele são introduzidas. A medicina tem procurado formas de tratamento que evitem essa reação no caso, por exemplo, de transplante de órgãos. Segundo Nogueira (2003), a engenharia de tecidos, campo de estudos multidisciplinar, é a arte de, a partir do cultivo de células, construir ou restaurar tecidos e órgãos de seres humanos e animais, usando como matéria prima, células-tronco ou a reconstituição a partir de células do próprio tecido a ser produzido. Mas a técnica é usada para reproduzir apenas partes dos seres vivos e não o organismo completo.

De acordo com Nogueira (2003), o uso de células-tronco para recuperar partes do corpo é resultado de pesquisas recentes, mas a intenção de repor partes disfuncionais do corpo vem desde a antiguidade, quando médicos tentavam desenvolver técnicas que permitissem aproveitar partes saudáveis de cadáveres em pacientes doentes. Ele ressalta que o primeiro caso bem sucedido de transplante de órgãos aconteceu em 1954, na cidade de Boston, Estados Unidos, quando uma pessoa doou seu rim para seu irmão gêmeo doente. De lá para cá muitos transplantes foram feitos, como de coração, córnea, fígado, pulmão, porém embora a técnica tenha salvado muitas vidas, ainda apresenta problemas devido a dificuldades de se obter doadores e os riscos de rejeição.

Por conta destas dificuldades, boa parte dos pesquisadores da área defendem a técnica de transferência nuclear, pois, pacientes com lesões na medula, lesões cardíacas, leucemia, e outras doenças que não tenham origem genética, se beneficiariam sem correrem o risco de rejeição, porque as células-tronco produzidas pela clonagem de transferência nuclear teriam o mesmo patrimônio genético desses pacientes.

Pessoas com doenças genéticas não são beneficiadas se usadas suas próprias células para a clonagem por transferência nuclear, porque todas elas teriam a mutação causadora da doença. A possibilidade de tratamento para essas pessoas, por essa técnica, seria de encontrar, entre os embriões descartados nas clínicas de reprodução assistida e utilizados na pesquisa, ou em bancos de cordão umbilical e placentário, células-tronco de embriões que sejam saudáveis geneticamente e compatíveis com o receptor.

As células-tronco são classificadas em adultas e embrionárias. As denominadas células-tronco adultas são mais facilmente utilizadas nas clínicas porque não implicam em questões éticas. As mais comumente utilizadas são as células-tronco hematopoéticas encontradas na medula óssea e no sangue de cordão umbilical, porém elas existem também entre as células de outros tecidos, em baixa frequência. As pesquisas já demonstraram que células-tronco do cordão umbilical, por serem mais jovens do que células-tronco adultas, têm mostrado resultados mais eficientes. Segundo Pranke (2004), muitos estudos mostram que a plasticidade (capacidade de originar qualquer tipo celular) das células-tronco adultas é uma esperança crescente, mas, hoje, estas células não apresentam a mesma plasticidade das células-tronco embrionárias. Uma das possíveis causas da limitação

na capacidade de proliferação celular das células-tronco adultas está relacionada à telomerase, enzima que restaura os telômeros, extremidade dos cromossomos que controlam o número de vezes que as células podem se dividir. Nas células-tronco embrionárias esta enzima está presente em grande quantidade, o que não ocorre com as células-tronco adultas.

A primeira linhagem de células-tronco embrionárias humanas, segundo Cookson (2005), foi criada em 1998, por James Thomson, da Universidade de Wisconsin. O procedimento envolve a retirada de células de um blastocisto, isto é, embrião de cerca de uma semana, seguida de cultivo em laboratório com nutrientes e fatores de crescimento (COOKSON, 2005).

O uso das células-tronco embrionárias, ao contrário das células-tronco adultas, é responsável por calorosos debates éticos, porque implica em destruir embriões produzidos e congelados nas clínicas de reprodução assistida. O grande tema desses debates é o questionamento dos conceitos de vida humana. Muitos defendem que o início da vida se estabelece na concepção, ou seja, na união do óvulo com o espermatozóide, outros a partir do momento em que estruturas do sistema nervoso passam a ser formados, porque somente aí entendem haver sensibilidade. Alguns depoimentos são importantes nessa questão:

*“Tenho uma opinião clara sobre esse nó. Para mim, a vida começa no momento da fecundação e não quando se desenvolve, por exemplo, o sistema nervoso do embrião”* (GALLIAN, 2004).

*“Nem o governo e nem o Congresso devem se deixar levar por falácias de que o embrião, o ainda não nascido, não tem direito algum, uma vez que só seria um ser humano aquele que se comporta como tal ao ter, por exemplo, a capacidade de estudar história, comunicar-se com os outros ou ser consciente de si mesmo. Se assim fosse, os que estão dormindo, ou em coma, não seriam pessoas propriamente ditas, mas apenas objeto”* (MELO, 2004).

*“Como geneticista, estou convencida de que a vida individual de cada um de nós é biologicamente iniciada no momento da fertilização”* (AZEVEDO, 2005).

*“Se a morte encefálica é inquestionavelmente considerada como o fim da vida, muitos pesquisadores consideram que o início da vida humana também devesse seguir o mesmo critério, ou seja: o início da atividade cerebral”* (PRANKE, 2004, p. 36).

O fato é que essas células são retiradas do embrião com apenas quatro ou cinco dias de desenvolvimento embrionário, antes de ser implantado no útero, período em que muitos são naturalmente eliminados. Pranke (2004) explica que embrião é a denominação dada durante as oito primeiras semanas de desenvolvimento da criança, após a fecundação. Como muitos pesquisadores não reconhecem o embrião nesse estágio inicial como pessoa, foi proposta a denominação de pré-embrião, para caracterizar estas células até o estágio de implantação no útero. Segundo Pranke (2004), a denominação pré-embrião é utilizada até o 14<sup>o</sup> dia após a fecundação, quando começa o desenvolvimento do sistema nervoso central.

Pranke (2004) destaca também a importância de, em debates sobre estes temas, estarmos todos pensando em duas outras situações que são bastante controversas e que geram muita polêmica, aliás, segundo ela, não existe outra área do conhecimento humano tão controvertida quanto a das interferências feitas na reprodução humana.

*“Em diversos países, incluindo o Brasil, o uso do dispositivo intra-uterino (DIU) e da pílula do dia seguinte são facilmente aceitas, mas a utilização dos pré-embriões, como fonte de células-tronco para a pesquisa clínica, não. Essas situações parecem contraditórias uma vez que se referem às mesmas células” (PRANKE, 2004, p. 36).*

O DIU de progesterona impede o implante do blastocisto no útero e o elimina por volta do sexto dia. A pílula do dia seguinte destrói o pré-embrião até 72 horas após a fecundação, portanto na forma também de blastocisto. Sendo assim os dois métodos estariam destruindo células-tronco embrionárias. Entretanto, não suscitam questionamentos constantes e freqüentes, ao contrário do que acontece com as pesquisas sobre clonagem terapêutica.

O argumento dos pesquisadores que defendem o uso destas células está relacionado com a questão da diferença de plasticidade entre as células-tronco adultas e as células-tronco embrionárias. A propriedade de plasticidade da célula refere-se à sua capacidade de originar diferentes tecidos. Células-tronco embrionárias são classificadas como totipotentes porque podem originar todos os tipos de tecidos que temos no organismo. As células-tronco adultas são classificadas como pluripotentes por possuírem a capacidade de originar alguns tecidos.

*“Diferentes das células adultas, as células-tronco embrionárias são comprovadamente capazes de se diferenciar nos mais variados tipos*

*celulares que compõem nosso corpo e, apesar do nome, não são derivadas de fetos humanos, mas de conjuntos celulares muito pouco desenvolvidos, congelados em clínicas de fertilização e eventualmente descartados – jogados no lixo – após determinados períodos de tempo” (REHEN e MUOTRI, 2004).*

O grande problema no tratamento com células-tronco adultas ou embrionárias em pacientes com doenças genéticas é a questão da compatibilidade entre o doador dessas células e o receptor. Para amenizar este problema, pesquisadores brasileiros travaram uma grande luta para que o Ministério da Saúde criasse bancos públicos de células-tronco de cordão umbilical, porque até então no Brasil havia somente bancos particulares destas células. O sangue do cordão umbilical e placentário é uma fonte rica de células-tronco que representam progenitores hematopoiéticos usados para o tratamento de doenças malignas e não-malignas. Esse material é jogado fora diariamente nos hospitais maternidades, no entanto representa a possibilidade de cura para muitas doenças, especialmente leucemia. Em bancos públicos, as células-tronco de cordão umbilical e placentário são estocadas em grande variedade e podem atender aos mais diversos tipos de pacientes, amenizando o problema de incompatibilidade. Seu armazenamento para uso futuro depende apenas da autorização da mãe para que, na hora do parto, seja coletado o sangue do cordão umbilical antes do descarte.

Segundo Pranke (2004), o primeiro banco de sangue de cordão umbilical e placentário público foi estabelecido em 1993, por Pablo Rubinstein no *New York Blood Center*, Estados Unidos. Esta instituição se destina a coletar, processar e armazenar células progenitoras hematopoiéticas provenientes do sangue de placenta e cordão umbilical. Após a coleta o sangue passa por vários exames de avaliação de sua qualidade, pois não deve estar contaminado com agentes patogênicos, antes de ser congelado em tanques de nitrogênio líquido. As células-tronco de cordão umbilical têm maior capacidade de adaptação do que as células-tronco adultas de medula óssea, com isso são maiores as chances de atendimento compatíveis. Entre outras vantagens do uso de células-tronco do sangue do cordão umbilical, destacamos a ilimitada oferta de sangue de cordão, uma vez que o mesmo é descartado após o parto.

O Ministério da Saúde, em setembro de 2004, anunciou a criação de uma rede nacional de bancos de células-tronco de cordão umbilical no Brasil, a

BrasilCord. Os pesquisadores estimam que, para suprir a variedade genética da população brasileira, a BrasilCord terá que obter um estoque mínimo de 20 000 cordões umbilicais. A intenção do Ministério é de criar centros de coleta e estoque de células-tronco de cordão em várias regiões do país. O primeiro a integrar a rede será o banco do Instituto Nacional do Câncer, no Rio de Janeiro, porque já conta com 700 cordões guardados. “*A previsão é que em cinco anos já tenhamos estocado ao menos 10 000 cordões*” (MOREIRA-FILHO, 2004, p.73).

Zatz (2003) aponta, como limitação da técnica de clonagem terapêutica, a questão da disponibilidade de óvulos humanos necessários em grande quantidade devido à baixa eficiência do procedimento. Isso implica em fiscalização eficiente para evitar comércio de óvulos por determinadas clínicas.

Da forma como assistimos na mídia a divulgação das pesquisas com células-tronco, a perspectiva terapêutica destas células as transformaram em sinônimo de “células da esperança”, “células do bem”, mas há sérias preocupações dos cientistas com a íntima ligação entre as células-tronco e o câncer. Células-tronco e células cancerosas possuem alta capacidade de renovação. Bellinghini (2005) relata que estudos realizados desde a década de 1980 evidenciaram a presença de uma reduzida e rara população de células em tumores com capacidade de comandar e manter o crescimento da neoplasia. Nos tratamentos de câncer à base de quimioterapia ou radioterapia, quando não há destruição dessas células-tronco cancerosas, o tumor volta a proliferar intensamente. Bellinghini (2005) pondera, entretanto, que, quando os cientistas compreenderem o mecanismo de proliferação das células-tronco normais, vão aprender a controlá-las e entender como elas perdem esse controle e se tornam cancerosas.

O Brasil é um dos países líderes nas pesquisas com células-tronco para tratamento de cardiopatias. Com incentivo dos Ministérios da Saúde e da Ciência e Tecnologia, foi lançado em 2004 um dos primeiros projetos no mundo com financiamento público, simultaneamente no Rio de Janeiro, em São Paulo e na Bahia que deu início ao Estudo Multicêntrico Randomizado de Terapia Celular em Cardiopatia (EMRTCC). O projeto prevê a realização de implantes de células-tronco em mil e duzentos pacientes, e objetiva obter dados concretos sobre os benefícios da terapia com células-tronco adultas e embrionárias entre os períodos de um ano e meio a três anos (BRAGA, 2005).

A Câmara dos Deputados aprovou em março de 2005 a Lei de Biossegurança que libera a utilização de embriões humanos para pesquisas com células-tronco que, de acordo com Santos (2005), complementarão as pesquisas com células-tronco adultas já em andamento, como a do Hospital Pró-Cardíaco no Rio de Janeiro e do Instituto do Coração em São Paulo. A Lei de Biossegurança no Brasil determina que podem ser usados somente embriões que estiverem congelados nas clínicas de reprodução assistida por mais de três anos. A realização dos estudos só ocorrerá com a autorização dos genitores para o uso destes embriões e de um comitê de ética. A lei proíbe a engenharia genética em embriões e a clonagem reprodutiva humana. A mesma Lei autoriza também a pesquisa, o cultivo, a comercialização e consumo dos organismos geneticamente modificados (HOLLANDA, 2005).

Pesquisas utilizando embriões, mesmo aqueles congelados nas clínicas de reprodução assistida, são proibidas em muitos países, mas são legais na maioria dos países da União Européia, no Canadá, na Austrália, no Japão e em Israel. Os debates e tentativas de chegar a um acordo continuam em vários países. Há três questões científicas principais no centro destes debates – as células-tronco embrionárias, a clonagem reprodutiva e a clonagem terapêutica. Para alguns, as três coisas são igualmente inaceitáveis, mas para outros são diferentes o suficiente para merecer análises independentes. O único ponto com o qual todos os países parecem ter concordado é que, por enquanto, tentar criar um clone humano, o que também é conhecido como clonagem reprodutiva, é cientificamente perigoso, eticamente errado e socialmente inaceitável (GARDINER e WATSON, 2005).

Para Cookson (2005), os obstáculos que precisam ser superados estão relacionados com: maneiras mais eficazes de obter as células-tronco; métodos melhores para identificar as embrionárias e seu potencial de desenvolvimento; formas de controlar sua diferenciação e crescimento dentro do corpo; saber se o sistema imunológico ataca as células-tronco ou aquelas diferenciadas a partir delas; e compreender melhor as vantagens comparativas das células somáticas em diferentes aplicações.

## II. 4 - Reflexões éticas: caminhos que contribuem para decisões.

O poder de decidir depende da capacidade de autonomia do indivíduo, mas depende também do conhecimento que tem a respeito do assunto. Numa sociedade democrática, o indivíduo precisa ter acesso ao conhecimento historicamente acumulado, ser titular de direitos e deveres, querer o bem voluntário, para junto com a racionalidade saber lidar com os conflitos sociais na busca do bem comum. Quando percebemos um conflito moral gerado por uma situação polêmica, a razão passa a caminhar junto à emoção na busca de uma reflexão autônoma. Do contrário, seremos incapazes de tomar decisões difíceis que muitas vezes são inevitáveis em nossas vidas.

A grande polêmica que gira em torno da clonagem depende da caracterização do “início da vida”. Cada corrente religiosa ou filosófica tem uma posição frente a este fato. Podemos partir de algumas reflexões acerca do tema: Um embrião sem sistema nervoso já é pessoa com direito à vida? Muitos cientistas dizem que um embrião de cinco dias, não tem o *status* de pessoa humana, porque além das células não estarem diferenciadas neste estágio, os primeiros sinais de aparição do sistema nervoso só ocorrem com mais de 14 dias. Com a evolução dos conhecimentos científicos, médicos passaram a perceber que ausência de respiração e de batimentos cardíacos são insuficientes para determinar o fim da vida de uma pessoa. A reanimação do paciente pode reabilitá-lo novamente. Foi estabelecido como constatação de morte a parada total e irreversível das funções encefálicas. Se o funcionamento do sistema nervoso serve de parâmetro para decisão sobre o fim da vida, poderia servir para determinar o início da vida humana? Se não serve e ficar determinado que o início ocorre no momento da concepção, os médicos precisam rever o direito à vida de seus pacientes com paralisia cerebral que podem permanecer vivos com aparelhos. Da mesma forma precisamos pensar sobre as doações de órgãos quando constatada a morte encefálica do paciente e a família decide fazer a doação de órgãos. Será uma pessoa que está ali ou um banco de órgãos? Este ato é considerado nobre em muitos países, inclusive o nosso (SÁ, 2004).

Discutir questões éticas não é senão estabelecer hierarquia de valores entre o certo e o errado, o bem e o mal, conforme defende Moretto (2005), quando afirma

que a ética questiona com generosidade as normas e regras definidas pela moral criada por um povo, com a finalidade de garantir a harmonia do convívio social. A grande virtude da ética é a generosidade, porque aconselha, busca princípios de ação que beneficiam o grupo, faz pensar na questão fundamental que é: “Quais as conseqüências de minha ação?” Para Moretto, *a moral entra quando a ética não dá conta de resolver a situação e em nome da ética podemos e devemos questionar a moral estabelecida* (MORETTO, 2005).

A clonagem, como temática polêmica que é, fez emergir nas discussões sociais questões de bioética. Garrafa (2003) defende a liberdade para a criação no campo científico, com controle sobre suas aplicações práticas, sobre a tecnologia. Para ele, o grande nó não está na questão do uso de técnicas de clonagem, mas sim no controle deste uso. O controle é ético. Garrafa coloca que a liberdade da ciência precisa estar garantida, com responsabilidade e com legislação. Os custos do desenvolvimento científico e tecnológico serão certamente elevados, o que torna previsível que a maior parte dos habitantes do planeta não terão acesso aos benefícios e avanços da ciência. No entanto o mundo não pode parar, a ciência precisa seguir em frente, as nações e cidadãos é que precisam dominar os conhecimentos produzidos pela ciência para que possam acompanhar seus custos, aplicações e o enfoque ético das questões científicas.

Azevêdo (2004) lembra as atrocidades que já ocorreram com pesquisas com seres humanos, como as cometidas pelo regime nazista e pelo Japão na época da 2ª guerra mundial. Acredita que o grande dilema da bioética está em apoiar avanços na ciência com experiências em seres humanos apenas quando a população é preservada do uso abusivo nas investigações. Ela ressalta a necessidade de se criar novos mecanismos que assegurem a transparência nas pesquisas que envolvem pessoas, porque entende que os comitês de ética de pesquisa, criados a partir de 1996, não são suficientes para acompanhar as pesquisas com seres humanos. Enfatiza que o ensino de ética ainda é muito incipiente, mesmo na pós-graduação. As pessoas são influenciadas pela mídia que apresenta as possíveis terapias carregadas de artefatos de convencimento deslumbrando cura fácil.

Para Azevêdo (2000), as pessoas vivem como ex-escravos e descendentes, à margem do mundo produtivo, sem qualquer preparo, numa sociedade que é competitiva e preconceituosa. Pobreza, analfabetismo, fome e doenças caracterizam essas pessoas marginalizadas que convivem com os avanços da ciência, da

tecnologia, da medicina, das facilidades da vida e do conforto social oferecidos para poucos.

Por conta disso, Azevêdo (2004) afirma que pesquisas com seres humanos dependem muito da consciência ética dos pesquisadores e destaca sua preocupação com esta população de baixa renda, que se submete a ser cobaia destas pesquisas, sem estarem em condições de avaliar as conseqüências de sua participação. *“Gente pobre não tem autonomia para gerenciar sua própria fome, imagine se vai recusar uma oferta de medicamentos”* (AZEVEDO, 2004. ).

A relação que Azevêdo (2004) apresenta entre pesquisadores e população de baixa renda reflete a estrutura de dominação que Paulo Freire discute nas relações entre opressor e oprimido. Quem “detém” a palavra, o saber, marginaliza o outro, estimula sua ingenuidade, com isso, em uma situação concreta de opressão, o oprimido é condicionado a imergir no fatalismo referido ao poder do destino ou da visão distorcida de Deus. *“O oprimido encontra no sofrimento, produto da exploração em que está, a vontade de Deus, como se Ele fosse o fazedor desta desordem organizada”* (FREIRE, 2003, p. 49).

Os pesquisadores que defendem a clonagem terapêutica propõem a utilização de embriões que morfologicamente não seriam utilizados pelas clínicas de reprodução assistida. *“Eles foram gerados, mas a probabilidade de darem origem a uma gravidez é mínima ou quase nula”* (PEREIRA, 2004) Em parte, essa questão representa problema solucionado no Brasil com a lei de Biossegurança, que liberou o uso de embriões com mais de três anos de congelamento. Os opositores à clonagem alegam que não há justificativas morais para criar vida humana e sacrificá-la para ser transformada em remédio. O ser humano como membro único de sua espécie deve estar protegido de qualquer ameaça de manipulação de sua integridade, dignidade e especiação. Documentos oficiais nacionais e internacionais determinam proteção ao patrimônio genético das pessoas e da espécie diante da possibilidade de aplicações técnicas de manipulação genética. Órgãos governamentais protegem a humanidade de intervenções tecnológicas que alteram expressões gênicas, mas esquecem que a fome, a desnutrição, a ingestão protéica insuficiente podem também alterar a expressão gênica, por inibir a plena expressão do potencial genético da criança que não completou devidamente seu desenvolvimento (AZEVEDO, 2000).

O organismo humano apresenta uma complexidade anatômica e fisiológica que requer muitos estudos, investimentos políticos e econômicos, que viabilizem o mínimo de qualidade e de respeito à vida. Pereira (2002) afirma que não saberia dizer onde colocar a linha a partir da qual é inadmissível destruir o embrião por ser um potencial de vida. O embrião humano não é um material biológico trivial, não o coloca na mesma classificação de célula de sangue ou de pele, mas não concorda em deixá-lo intocável, concedendo-lhe tanto direito à vida quanto tem cada um de nós. Um outro fato importante destacado pela pesquisadora é que o controle deve ser rígido na questão de só serem utilizados em pesquisa os blastocistos sem possibilidades de serem implantados em úteros. Blastocistos não implantados não têm capacidade de se desenvolver, existe a dependência do útero para gerar o embrião.

Outras questões polêmicas que suscitam discussões éticas estão relacionadas às pesquisas com alimentos transgênicos e com o projeto genoma humano. As pessoas precisam entender como manipulações genéticas podem comprometer ou melhorar a qualidade dos alimentos que ingerem. Quem lhes garante que esses alimentos modificados não poderão comprometer genótipos e fenótipos destas e de futuras gerações? As pessoas precisam entender ainda que a sua identidade genética é exclusiva e de seu interesse apenas, que essa segurança pode vir a ser ameaçada com o uso indevido e abusivo de tecnologias. Existem previsões de que nos próximos anos, o foco de pesquisa será na neurociência, onde estudos mais detalhados do cérebro poderão mapear e diagnosticar algumas previsões. Como conseqüência às empresas poderão exigir formas de prevenir tendências a trabalhadores sofrerem de depressão, de serem abusivos, violentos, de terem ou não a capacidade cognitiva exigida pela empresa.

As pessoas precisam conviver com e fazer uso de determinados conhecimentos para que, se submetidas a uma situação de discriminação por causa de suas características genéticas, saibam se defender e argumentar que investimentos públicos em pesquisas aplicadas à genética devem ter como objetivo proteger a vida e colaborar eficazmente para a saúde do indivíduo e da humanidade (CLOTET, 2000). Vivemos em um país com crescente desigualdade social, em pleno desenvolvimento capitalista, o que torna mais viável discutir ética do que aplicar. A formação ética do cidadão depende em grande parte do destino de valores como justiça e igualdade, aplicados na sociedade em que vive.

*“A desinformação sobre o que é a doença anemia falciforme e os preconceitos raciais... (...) transformaram esta doença... (...) em uma ameaça ao povo norte-americano considerada doença contagiosa... (...) negros foram recusados ao mercado de trabalho. Desde 1949 é conhecida a alteração molecular que origina a anemia falciforme e continua sem tratamento. O discurso de que a busca por tratamento de doenças genéticas a partir de estudos do genoma humano de diversos povos não encontra suporte na mais comum das doenças entre povos negros: a anemia falciforme” (AZEVEDO, 2000, p. 56).*

Conhecimentos científicos, especialmente em genética humana, têm mobilizado um grande número de autores a publicar, nos meios acadêmicos ou para o público em geral, informações sobre as implicações presentes e futuras do uso desses conhecimentos. O conhecimento científico, hoje, não pode ficar limitado às paredes dos laboratórios de pesquisa. Deve ser socializado, para que contribua com a formação de opiniões e tomadas de decisões pela comunidade. Muito embora, a velocidade do desenvolvimento científico e tecnológico seja cada vez maior e aumente a expansão das fronteiras do saber, ela amplia a distância social entre os que sabem e os que ignoram, entre os que se beneficiam dos novos avanços e os que sequer sabem que eles existem.

*“Explicitar diferenças de DNA entre povos, sem também oferecer o respaldo educativo popular para interpretação destas diferenças, é fomentar divisões e preconceitos. É uso eticamente incorreto da ciência” (AZEVEDO, 2000, p. 57).*

Como organizar formas de socialização dos saberes? Uma das formas que defendemos é pelo caminho do ensino formal, escolar, pelo universo populacional atingido e por contribuir com a compreensão dos conhecimentos básicos estruturadores das disciplinas de ensino.

## **II. 5 - Por que esse tema no ensino?**

Em 2001, com a novela televisiva “O Clone”, vários foram os momentos em que senti necessidade de direcionar minhas aulas de genética e citologia para essa temática, pelo fato de que os estudantes assistiam a novela em suas casas e traziam questionamentos para a sala de aula. As perguntas eram freqüentemente relacionadas à técnica e à possibilidade de clonar humanos. Depois surgiu a novela

“Laços de Família” e, mais uma vez, o bombardeio de perguntas na sala, quando a personagem Helena, representada pela atriz Vera Fischer, engravida para tentar ajudar a encontrar a cura da leucemia de sua filha, o personagem Camila, vivido pela atriz Carolina Dickman, por meio de pesquisas com células-tronco. Ao vivenciar essas experiências de discussões sobre genética a partir de questões polêmicas, percebi o quanto pode ser útil introduzir na sala de aula temas atuais no ensino de conceitos de genética, bem como de outras áreas da biologia.

O tema clonagem, além de ser atual e instigante, de ter tido grande visibilidade na mídia, está muito presente no cotidiano das pessoas. São comuns os diálogos informais, nos mais diversos ambientes, sobre clonagem, transgênicos, projeto genoma, células-tronco, entre outros temas. Esses diálogos são geralmente embasados pelas informações divulgadas pela mídia. Nossa intenção é de contribuir para a continuidade destas discussões, que podem ser viabilizadas pela escola, com diálogos fundamentados em conhecimentos científicos como ferramentas nas tomadas de decisões individuais ou coletivas, ou ainda na socialização dos saberes. “*Os jovens necessitarão ser equipados com as habilidades necessárias para contribuir para o diálogo emergente entre os legisladores e os cidadãos*” (LEVINSON, 2001, p. 62-71)

Minha motivação maior por discussões sobre clonagem humana ocorre por entender que é pertinente o foco no debate escolar, pois concordo que:

*“A urgente necessidade de popularização da ciência vem concentrando esforços de cientistas, instituições e países convencidos da fundamental importância de levar à sociedade em geral informações científicas e tecnológicas da atualidade. Um mínimo de alfabetização científica e ética tornou-se essencialmente vital a qualquer cidadã(o), frente aos novos avanços da tecnociência, em especial, aqueles que afetam diretamente a vida humana”* (AZEVEDO, 2002).

Esta colocação de Azevêdo já justifica a necessidade de possibilitar acesso ao conhecimento produzido pelo mundo científico. Nosso compromisso nas escolas envolve fazer uso destas informações, articular com os conteúdos, fazendo com que as pessoas pensem sobre o que se faz na ciência, a favor de quem, de modo que, ao serem chamadas a exercer sua cidadania, o façam conscientes de seus direitos e deveres, contribuindo para o bem comum, para o desenvolvimento de uma sociedade mais justa, mais humanizada.

Uma linha de pesquisa no ensino que apresenta aspectos semelhantes à abordagem temática, é a de Nascimento et al. (2004), que analisa em uma aula de ciências, numa turma de sexta série do ensino fundamental, o uso de textos de divulgação científica originalmente concebidos para fins não didáticos. Os textos foram transformados e adaptados ao contexto de sala de aula com o objetivo de auxiliar no ensino e na aprendizagem de conceitos científicos ao lado de recursos tradicionais de ensino como o livro didático. A proposta exige do professor um papel ativo e uma efetiva participação dos estudantes. Os autores concluíram que essa prática permitiu estabelecer relações com o cotidiano dos estudantes, ampliar seu universo discursivo, ressaltar aspectos da natureza da prática científica, criar novas metodologias e recursos de ensino e localizar os conteúdos aprendidos em contextos mais amplos.

Poucas questões repercutem de modo tão intenso na sociedade moderna, como a clonagem e outras tecnologias da engenharia genética. Nunca foi tão evidente a urgência em se estabelecer momentos de reflexões e discussões sobre a maneira pela qual cientistas realizam suas pesquisas, sobre o destino dos resultados e sobre o que pretendem, com as descobertas, aqueles que financiam essas pesquisas e que estão ligados de alguma forma ao atendimento às expectativas de uma sociedade ansiosa em prevenir os males que fragilizam as pessoas e repercutem na sua qualidade de vida.

Pretendemos que o ensino de biologia a partir do tema clonagem seja uma ferramenta que articule saberes no sentido de tratar o fenômeno da hereditariedade de uma forma que o conhecimento aprendido sirva de instrumento, que subsidie o julgamento de questões éticas como o destino de embriões congelados, a destruição de embriões para uso de células-tronco na medicina terapêutica, preconceitos raciais, teste de paternidade, produção e uso de organismos transgênicos, testes de predisposição genética a determinados tipos de doenças. Que estes saberes da atual contemporaneidade articulados a conceitos e conteúdos do programa de ensino contribuam para o desenvolvimento de competências que permitam aos estudantes avaliar os riscos, benefícios e conseqüências dessas manipulações feitas pelo homem e voltadas para a humanidade e para o planeta como um todo.

O Ministério da Educação, ao elaborar o PCNEM + (2002), busca uma forma de facilitar a organização do trabalho da escola, sobretudo na programação das séries finais da educação básica, o ensino médio. Para isso, explicita a articulação

das competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares, distribuindo-os nos três anos de formação. Este programa de ensino tem como objetivo garantir que temáticas polêmicas como a clonagem relevantes na sociedade contemporânea, inseridas no mundo globalizado, sujeitas à velocidade de informações e inovações tecnológicas, atropelando toda e qualquer rotina de vida, sejam compartilhadas no contexto escolar e fertilizem produções de conhecimentos que, articulados a outros, mobilizem ações coletivas e sociais.

A clonagem, bem como a produção de organismos transgênicos e o mapeamento do genoma humano, são temas que ocupam lugar de destaque na mídia impressa e televisiva. E na escola? Que transformações sofrem esses conhecimentos quando passam dos laboratórios para as salas de aula? Para muitos professores e pesquisadores a escola não acompanha a velocidade da produção de conhecimento no campo das ciências biológicas, para outros, nem deve acompanhar. Consideramos significativas colocações como as seguintes:

*“O ensino de Biologia, em qualquer nível, não tem que dar conta de todas as questões, de todas as novidades” (SANTOS, 2003).*

*“O estudante está, muitas vezes, mais atualizado que o professor, e isso inverte a relação que se estabelece comumente na sala de aula” (GARCIA, 2003).*

*“Tem percebido uma ansiedade muito grande dos professores, seja porque não querem, ou porque não podem, abrir mão dos conteúdos tradicionais, mas que, ao mesmo tempo, desejam introduzir nas suas aulas a genética da atualidade” (ROSA, 2003).*

*“Nem todos os conhecimentos biológicos entram na escola. Há uma seleção, em função dos objetivos sociais da escola, e, nessa dinâmica, alguns conteúdos clássicos se mantêm como importantes” (MARANDINO, 2003).*

Textos produzidos como material alternativo ao livro didático, para trabalhar essas temáticas atuais em sala de aula, têm sido sugeridos e publicados. Um deles<sup>15</sup> mais voltado para o ensino superior, outro, para as séries finais do ensino fundamental<sup>16</sup>, mas que podem ser adaptados ao ensino médio. Estes textos visam garantir que aspectos técnicos, éticos, econômicos, culturais e sociais das biotecnologias sejam abordados na sala de aula, que muitas vezes não são

---

<sup>15</sup> NARDONE, R.M. Olá Dolly! Obrigado pela oportunidade que você nos deu. Tradução: Nadir Ferrari. Editorial da revista *The American Biology Teacher*. 1997.

<sup>16</sup> FERRARI, N. Clonagem: Um exemplo de texto a ser utilizado em aulas de ciências. ANAIS do VII EPEB, 2002.

contemplados nos livros didáticos. Uma abordagem questionadora no estudo destes textos levaria estudantes e professores a uma menor aceitação de afirmações autoritárias, de verdades postas como absolutas, dogmáticas, contribuindo com tomadas de decisões baseadas na realidade em oposição a doutrinas.

Loreto e Sepel (2003), pesquisando estudantes do ensino médio, constataram que a maioria deles apresenta a mídia como veículo de informação e atualização de saberes. Os pesquisadores afirmam que a escola é o local adequado para o aprendizado e que algo precisa ser feito para mudar essa realidade. Segundo eles, resultados insatisfatórios em relação ao ensino de ciências levaram os países europeus a atualizar os professores para o ensino da nova biologia, num projeto intitulado “Educação continuada para professores europeus de Biologia”, que teve como objetivo reintegrar os professores nas técnicas de pesquisa atuais da nova Biologia. Certamente, este é um caminho, também para o Brasil.

### **III. CONHECIMENTOS E OPINIÕES DE ESTUDANTES SOBRE CLONAGEM E TEMAS RELACIONADOS.**

Neste capítulo apresentamos a elaboração, aplicação e análise do instrumento de pesquisa utilizado para levantar o conhecimento de estudantes do ensino médio sobre conceitos básicos de genética, biologia celular e embriologia, necessários ao entendimento de questões contemporâneas da Biologia, particularmente a clonagem, assim como suas opiniões sobre a pertinência do uso do tema clonagem no ensino de biologia.

Identificar o que sabem e o que pensam os estudantes pode fornecer elementos que servem de subsídios e orientações no redimensionamento da programação de ensino, principalmente em relação aos critérios estabelecidos para a escolha de certos conteúdos e conceitos em detrimento de outros, bem como na definição de ações a serem desenvolvidas no processo ensino e aprendizagem.

Na revisão bibliográfica que fizemos encontramos pesquisas no ensino de biologia com preocupações em conhecer o que estudantes do ensino médio aprendem em genética humana e em conhecer as concepções de estudantes e professores sobre determinados conceitos em genética. Encontramos também sugestões de modelos didáticos para estimular a aprendizagem em citogenética, análise de questões de vestibular, sugestões sobre a introdução de biotecnologia no ensino de biologia, entendimento de evolução e seleção natural e análise de conteúdos nos livros didáticos. Entretanto, poucos desses trabalhos apresentam uma análise da prática do próprio professor pesquisador. São freqüentes as colocações dos pesquisadores sobre a necessidade de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais eficiente, agradável e motivador, de despertar e manter o interesse do estudante nas aulas, e de maior interação entre professor e estudantes, mas definitivamente o que falta é dizer como.

#### **III. 1 – Elaboração do Instrumento e Caracterização da População Estudada.**

A Escola de Educação Básica Prefeito Olegário Bernardes (EEBPOB) pertencente à rede pública estadual de ensino, onde ocorreu a coleta de dados desta pesquisa, situa-se no centro do município de Itapema, cidade tipicamente

açoriana localizada no litoral norte do estado de Santa Catarina. Esta é a escola mais antiga do município, foi criada no início da década de 70, recebendo os estudantes de duas escolas menores: Escola Reunida Prof<sup>a</sup> Carmela Fenner e Escola Isolada Ironido dos Santos, que atendiam estudantes até a quarta série do antigo primário, hoje ensino fundamental. Em 28/05/1973 foi criada a quinta série do antigo ginásio, hoje ensino fundamental. A escola passou a oferecer também o ensino médio, na época segundo grau, pela rede estadual pública de ensino.

No ano de 2000, a escola recebeu novas instalações e conta hoje com um prédio de dois pavimentos, com vinte salas de aula, um auditório e uma biblioteca. Em 2005 foi concluída a obra do ginásio de esportes. Atende a um mil e duzentos estudantes, desde a primeira série do ensino fundamental ao terceiro ano do ensino médio, sendo que o ensino médio é oferecido nos três turnos. O período noturno é oferecido prioritariamente aos estudantes trabalhadores. Conta com quarenta e três profissionais da educação habilitados nos níveis: magistério, graduação e pós-graduação.

Os estudantes são heterogêneos sob vários pontos de vista. Alguns deles são naturais de Itapema e moram nos diversos bairros da cidade, mas muitos são naturais de vários outros municípios e estados. O nível sócio-econômico também é muito diversificado, o que é explicado pelas opções de trabalho oferecidas aos pais dos estudantes e jovens estudantes adultos. Várias profissões são relacionadas ao turismo, que é acentuado em alta temporada e às atividades relacionadas com a pesca, o funcionalismo público e a construção civil, na sua maioria em baixa temporada. O nível cognitivo também é heterogêneo, porque a escola atende estudantes de classes mais favorecidas, com acesso a recursos tecnológicos em casa, bem como aqueles de baixa renda, que vivem em moradia precária, aqueles inseridos em famílias com nível médio de educação e cultura e aqueles cujos pais são analfabetos.

Os estudantes da escola foram informados do objetivo e do formato da coleta de informações e o questionário foi aplicado àqueles que manifestaram vontade de participar. A escolha das categorias que orientaram a elaboração do instrumento e os critérios que nortearam a coleta de dados surgiram das leituras e estudos realizados nas disciplinas cursadas durante o curso de mestrado, que sinalizaram os caminhos a serem trilhados nesta investigação. Foram também influenciados pelas

inquietações provocadas pela insatisfação de minha própria ação pedagógica e pelos resultados do levantamento de pesquisas já realizadas na área.

As categorias de análise do questionário foram: meio informal/formal de acesso à temática, clareza conceitual, presença de obstáculos epistemológicos, determinismo tecnológico e genético e relevância do tema.

O instrumento de investigação foi elaborado na perspectiva da educação dialógica, com indivíduos inseridos em suas realidades. A coleta de dados foi feita em duas etapas: uma de questionário (Anexo 1) e outra de entrevistas (Anexo 2). O questionário contém 15 questões objetivas, de múltipla escolha, com opções para o estudante escolher uma, mais de uma ou nenhuma alternativa e comentar em seguida sua escolha. As questões visavam levantar os conhecimentos dos estudantes sobre a temática, as fontes de seus conhecimentos e se estabeleciam relações entre esta temática e conceitos de vários ramos da biologia, como biologia celular, embriologia, reprodução e genética. Explorou também aspectos éticos, sociais e econômicos relacionados a biotecnologias e a relevância deste tema no ensino médio.

O questionário foi testado para verificar a necessidade de ajustes das questões com quatro estudantes do 3º ano do Ensino Médio, no início do ano letivo de 2004, quando ainda não haviam tido as aulas de genética. No segundo semestre, após alguns aperfeiçoamentos, foi aplicado a quatro estudantes do 2º ano. Depois deste piloto, o instrumento foi aplicado a 28 estudantes, do 2º ano do ensino médio, do período matutino da escola pública estadual da cidade de Itapema, SC.

Entendemos que nossa pesquisa apresenta aspectos da abordagem qualitativa, que, segundo Lüdke e André (1986), podem assumir várias formas. Essa metodologia de pesquisa envolve a coleta de dados descritivos feita diretamente pelo pesquisador, em geral por meio de entrevistas e questionários. Enfatiza mais o processo do que o produto, porque o importante é verificar como o problema se manifesta. Também nesta pesquisa é essencial perceber a perspectiva dos participantes e seus diferentes pontos de vista sobre as questões postas.

Uma das formas que assume a pesquisa qualitativa é a exploratória, que tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema para torná-lo mais explícito, aprimorar as idéias e a descoberta de intuições relacionadas ao fato estudado e traçar planos flexíveis de ação que possibilitem considerar vários aspectos relativos à situação estudada.

Esses aspectos da pesquisa qualitativa exploratória caracterizam vários momentos de nossa pesquisa. Um deles ocorreu quando aplicamos os questionários, o outro quando optamos pela entrevista semi-estruturada, por permitir uma investigação mais aprofundada dos conhecimentos e posicionamentos dos estudantes, e por possibilitar o esclarecimento de dúvidas nas respostas dadas pelos estudantes.

Entre os 28 questionários aplicados, foram selecionados 7 e os estudantes convidados a participar da entrevista, que permitiu explorar criticamente posicionamentos implícitos nas respostas dadas por alguns estudantes ao questionário. As entrevistas foram transcritas e posteriormente analisadas.

Os estudantes que responderam o questionário e participaram da entrevista foram identificados pela letra A (A1 a A7). Os demais, que participaram apenas do questionário, foram identificados pela letra B (B8 a B28).

A seguir apresentaremos os resultados obtidos com a aplicação do instrumento e faremos, concomitantemente, a análise, reunindo os resultados por categorias e não na ordem em que as questões aparecem no questionário e na entrevista. Como nas entrevistas foram focalizadas, basicamente as mesmas perguntas do questionário, com o objetivo de esclarecer dúvidas quanto à interpretação das escolhas e das opiniões dos estudantes, não separamos sua análise daquela dos questionários. Nos fragmentos de transcrições, aqueles extraídos das entrevistas correspondem aos estudantes identificados pela letra A, enquanto aqueles extraídos dos questionários correspondem aos identificados pela letra B.

### **III. 2 – Aplicação do Instrumento, Resultados e Análise.**

Todos os estudantes que participaram da pesquisa foram informados de que sua participação era voluntária, não contaria como avaliação na escola, mas significaria muito para a qualidade da pesquisa que visava contribuir para a qualidade do ensino na escola pública, especialmente na escola em que ocorreu a coleta de dados, uma vez que, pretendemos no futuro, aplicar as propostas elaboradas com base nos resultados obtidos. No início, os estudantes ficaram um pouco assustados achando que não iriam responder corretamente, mas tranquilizaram-se ao entenderem o tratamento que iríamos dar às respostas.

Contamos também com a colaboração da direção e da supervisão da escola e da professora responsável pela disciplina de biologia, que prontamente cederam o espaço para aplicação do questionário e para as posteriores saídas dos estudantes das aulas para as entrevistas.

Os questionários (anexo 1) foram aplicados nos meses de agosto e setembro e a leitura e análise estendeu-se por cerca de dois meses. As entrevistas (anexo 2) aconteceram nas duas últimas semanas do mês de novembro de 2004 e cada uma delas durou de 50 a 60 minutos. Os sete estudantes selecionados para a entrevista foram aqueles cujas respostas ao questionário deixaram provocações de futuros diálogos em escritas do tipo:

(A7) *“Eu não entendo “nada” sobre esse assunto, mas acho que o que está mais próximo é o bebê de proveta e a célula-tronco que nesta “era” foram as grandes descobertas da ciência”.*

(A7) *“Eu sou totalmente contra a clonagem, mas cientificamente ela poderia salvar muitas vidas”.*

(A5) *“Nas aulas de biologia seria mais fácil de entendermos o assunto. Na mídia existem muitas contradições”.*

(A1) *“Não me interessa em saber que células são usadas na clonagem, pois acho que o homem está sendo ousado ao “desafiar” as leis de Deus”.*

(A4) *“Eu acho que o objetivo é esse, a clonagem permite ter pessoas realmente iguais”.*

(A2) *“Os médicos podem usar os clones pra fazer testes de remédios”.*

Frases como as destes estudantes chamaram nossa atenção para questões que pontuamos ao longo da investigação, como por exemplo a desconexão entre conhecimento científico e senso comum, a generalização nas respostas, a tendência em considerar a técnica de clonagem voltada somente para seres humanos, a falta de embasamento teórico em tomadas de decisões, a presença marcante da cultura religiosa quando o estudante explicita suas opiniões sobre o tema. Enfim, situações como as colocadas pelos estudantes (A7) e (A1) são interessantes porque mostram que o estudante argumenta com base em suas crenças e explicita que não entende o fenômeno, mas tem uma posição sobre ele.

Viana (2003) buscou identificar e caracterizar as representações sociais de estudantes e professores do ensino médio sobre clonagem. A pesquisadora apresentou como resultado que estudantes e professores apresentam elaborações

conceituais semelhantes e aponta que apesar destes estudantes já terem estudado genética, não apresentam modificações significativas nos conceitos porque ficou claro que guardam na estrutura do conceito de clonagem alguns elementos do senso comum, divulgados e reforçados pela mídia, como por exemplo o fato de admitir que só existe DNA no sangue.

Esses conhecimentos do senso comum diferem do conhecimento científico por se limitarem a resolver problemas de ordem prática, ou seja, coisas corriqueiras do dia-a-dia. Quem nunca vivenciou situações que são resolvidas com saberes que adquirimos através de crenças e opiniões de nossa cultura? Esses conhecimentos do senso comum também passaram pelo processo de tentativas e erros, assim como os conhecimentos científicos, no entanto o senso comum fica restrito à descrição de aparências dos fenômenos, enquanto que o científico procura sistematicamente testar uma hipótese em experiências controladas. Existem perigos em limitar o conhecimento a essas crenças Mazzotti (1998), menciona como um exemplo desses perigos o desaparecimento ou melhora dos sintomas de uma doença pelo tratamento com ervas e produtos com base em saberes do senso comum que pode camuflar a progressão da doença.

Vivenciamos situações como esta que a pesquisadora aponta nesta coleta de dados, quando os estudantes buscaram o senso comum para responderem questões, bem como em sala de aula, e entendemos, à luz da epistemologia de Bachelard, que isto ocorre porque o processo de ensino e de aprendizagem não deu conta de superar o senso comum e inserir a ciência em sua cultura geral. O estudante, ao ingressar na escola, traz consigo geralmente toda uma bagagem de conhecimento não formulado, do contexto onde vive. Para avançar no conhecimento científico, o estudante precisa romper com suas primeiras intuições, corrigindo com o novo saber os erros do passado.

*“Ao considerarmos que o conhecimento científico apenas amplia o conhecimento comum ou ao negarmos a existência de conceitos prévios sobre os mais diferentes assuntos, não cuidamos para que os preconceitos e os erros das primeiras concepções sejam debelados, entravamos novos conhecimentos e cristalizamos falsos conceitos” (LOPES, 1993, p. 325).*

Nas respostas dos estudantes A7, A1, A4 e A2, também se observa a tendência de ver a técnica aplicada somente a seres humanos. A resposta da

estudante (A7), além disso, evidencia falta de clareza conceitual quando justifica a relação que faz entre as biotecnologias escolhidas.

As questões um e dois: *Você já ouviu falar em clonagem? Que veículos lhe trouxeram conhecimentos sobre clonagem?* Foram elaboradas para investigar a categoria **acesso ao conhecimento da temática**, isto é, se o estudante já havia tido algum contato com o tema clonagem e onde.

As respostas mostraram que todos já tinham ouvido falar de clonagem. Quanto ao veículo de acesso a esse conhecimento, 20 dos 28 estudantes, responderam ser pela televisão, 4 responderam revistas e jornais além da televisão e 4 assinalaram também a escola.

Na terceira questão, elaborada para verificar **clareza conceitual**, os estudantes eram convidados a escolher itens de forma objetiva, utilizando as letras **P** e **N**, quando consideravam o tema próximo ou distante da clonagem, respectivamente. Em seguida, justificavam a escolha. Pretendíamos verificar, nesta questão, que conhecimentos o estudante tinha de clonagem e que relações era capaz de fazer com outras situações biológicas. As alternativas apresentavam: bebê de proveta, mudas de planta, projeto genoma, projeto fome zero, exame de paternidade, cultura de células, doenças hereditárias, enxerto, inseminação artificial, transplante de órgãos, AIDS, transgênicos, gêmeos univitelinos, célula-tronco.

Dos 28 estudantes, apenas 3 escolheram *gêmeos univitelinos* como tema próximo da clonagem e os 25 restantes não assinalaram essa alternativa com P ou N. A alternativa *muda de plantas* foi escolhida por 6 estudantes como tema próximo da clonagem, enquanto 21 não assinalaram e 1 estudante assinalou como distante da clonagem. A alternativa *inseminação artificial* foi escolhida por 14 estudantes como P. Sobre a alternativa, *bebê de proveta*, 11 estudantes relacionaram com a clonagem assinalando com a letra P. Quanto à alternativa *exame de paternidade*, apenas 2 estudantes assinalaram N, enquanto que os demais estudantes deixaram em branco, demonstrando incerteza sobre o tema ser próximo ou distante da clonagem. A alternativa “projeto fome zero” foi assinalada com N por 26 estudantes, um dado que representa ter sido este o único tema assinalado com segurança como distante da clonagem, mesmo estando entre outros temas distantes e não escolhidos, o que reforça a falta de clareza conceitual.

Além das respostas da questão três, envolvendo **clareza conceitual**, muitas outras revelaram imprecisões e erros sobre clonagem e sobre outros temas da

biologia relacionados à clonagem. Um exemplo é o da estudante que justifica sua escolha do tema “bebê de proveta” como sendo relacionado ao da clonagem:

(A1) – *“Porque assim ó, tipo o bebê de proveta já... pelo que eu sei, não tem muito... como assim... pelo que eu sei bebê de proveta não é uma coisa normal sabe, que espera nove meses, assim, não tem? Eu acho que é isso, porque assim, eu não tô muito ligada aqui ó, muda de planta, não tem nada a ver, já bebê de proveta não, é uma coisa que espera nove meses, assim, que vem da mãe mesmo”*.

Outra estudante, quando questionada sobre sua compreensão na escolha da inseminação artificial como tema relacionado à clonagem, responde:

(A3) – *“Ah é, aquele negócio, uma mãe não tem como... vamos supor, o clone, como é que eles vão, como é que vai ter um clone sem a inseminação artificial, sem, no caso, pra ter um filho, tem que ter um homem...”*

Na sétima questão abordamos as possibilidades técnicas a partir da clonagem, na intenção de verificar as relações que os estudantes fazem entre clonagem e outras biotecnologias, bem como perceber as idéias dos estudantes quanto à aplicação desta técnica. Percebemos pelas respostas dos estudantes que a maioria faz relação entre clonagem e reprodução humana ou produção de tecidos para tratamento de doenças. Entre os 28 estudantes, 9 assinalaram a opção (a) *alternativa de reprodução humana*; 8 escolheram a alternativa (d) *produção de tecidos para cura ou tratamento de doenças*; e 7 assinalaram as alternativas (a) e (d), ou seja, fizeram relação com ambas. Portanto, a alternativa (a) foi a mais escolhida. Apenas 4 optaram por outras alternativas como (e) *preservação de animais em fase de extinção*, ou (c) *produção de animais para experimentação de laboratório*. Apenas 1 dos estudantes que assinalou mais de uma alternativa optou também pela alternativa (b) *produção de animais para alimentação humana*, e justificou que *“produção de animais para a alimentação é uma boa alternativa”*. (B15).

Analisando as justificativas abaixo, entre outras, dos estudantes que optaram pelas alternativas (a) ou (d), que foram a maioria, aventamos a hipótese de que as opções dos estudantes por estas respostas na questão sete são bastante influenciadas pela mídia, onde a clonagem aparece ou como possibilidade de produzir pessoas iguais, ou ainda como chance para cura de graves doenças, em justificativas como:

(A3) - *“Na minha opinião, se a pessoa tiver uma doença incurável, ela com a clonagem pode ser beneficiada”.*

(B21) - *“Pois as técnicas de clonagem permitem alternativas de reprodução humana”.*

(B27) – *“Porque eles que produzem novamente uma pessoa que já existe”.*

(B18) – *“Para uma pessoa nunca morrer”.*

(B11) – *“Eu escolhi a (d) porque essa seria a melhor coisa que se tiraria proveito. De multiplicar a raça humana não é, pois já tem muita gente no mundo”.*

(B13) – *“Pois escutamos muito por aí, que isso (a versão dos cientistas) que seria bom, pois ajudaria a cura de doenças”.*

(B10) – *“Eu acho que este item é uns dos principais que eles devem analisar, pois muitos estão com doenças graves e que não tem cura”.*

Podemos analisar também em algumas das justificativas apresentadas para a questão sete a categoria dos obstáculos epistemológicos, pela presença freqüente de respostas generalizadas.

Na questão três, a falta de **clareza conceitual** fica evidente em argumentações como a da estudante (B12), quando opta por apenas duas alternativas como próximas da clonagem:

(B12) – *“Eu acho que as mais próximas da clonagem são bebê de proveta e inseminação artificial porque são as formas mais fáceis de se criar dentro da mulher um clone, uma pessoa idêntica”.*

Essas justificativas evidenciam a presença de um **obstáculo epistemológico**, o do *conhecimento geral*, muito comum na educação básica. Quando não ocorre a aquisição do conhecimento o estudante responde superficialmente e com isso reforça o senso comum. Como já mencionamos anteriormente, apresenta dificuldade de fazer relações entre o conhecimento científico implícito na questão e a situação propriamente dita, responde vagamente evitando aberturas para questionamentos.

As questões onze e doze também abordam a categoria **clareza conceitual**, pois são bem pontuais no conhecimento da técnica de clonagem por transferência nuclear, mas tratam de questões básicas de citologia.

Todos os participantes escolheram a alternativa *“não sei”*, quando perguntados sobre qual célula é doadora e qual é receptora do núcleo utilizado na

técnica que originou Dolly. As justificativas para essas respostas foram como as seguintes:

(B23) – *“Sem informação”*.

(B11) – *“Acho que são todas as células, mas não tenho certeza. Isso é muito difícil”*.

(B27)– *“Nasceu igual, então acredito que precise usar todas as células”*.

Nestas questões tínhamos a intenção de aprofundar o questionamento para perceber o domínio de conhecimento desses estudantes quanto à citologia e, para tanto, perguntamos, durante a entrevista se eles já tinham ouvido falar sobre células haplóides, diplóides ou somáticas. As respostas foram como as seguintes:

(A1) – *“Não, mas isso sei lá, em biologia a gente poderia aprender né, porque é célula, é parte do corpo assim”*.

(A1) – *“Gametas, ah sei lá, é que faz muito tempo, não tenho uma noção, uma clareza assim”*.

(A3) – *“Sim, não conheço sobre essas células, nem a relação com a clonagem. Acho que não tive em aulas porque não lembro de nenhum desses tipos. Não sei desses detalhes, mas vou procurar saber”*.

(A7) – *“Ah eu não saberia, nós estudamos células, mas não entramos nesses tipos. Eu não saberia se em humanos tem essas células”*.

O ensino descontextualizado, compartimentado, desenvolvido por um processo de acúmulo de informações, baseado na memorização, é pouco representativo para o estudante e não contribui com transformações e uso consciente dos saberes. Como coloca Freire, em geral os conceitos são vazios para os estudantes, por isso difíceis de interpretar. Nossa análise fortalece a importância da dialogicidade de Freire e a ruptura de Bachelard no processo ensino e aprendizagem.

Quando perguntamos, nas entrevistas, sobre quais seres vivos poderiam, teoricamente, ser clonados e se haveria diferenças entre o organismo clonado e o organismo doador do núcleo, situação relacionada com as questões cinco e seis, também observamos, com frequência, confusão entre conceitos:

(A3)- *“Os animais. Ah, também tem aquele... transgênicos né, não digo que é clonagem”*.

(A5) – *“Sim, são diferentes, por eles serem irracionais e nós temos... por exemplo, uma pessoa foi clonada e ela pode estar tendo uma outra cultura, formando sua própria personalidade, com o tempo, eu acho”*.

Percebemos que os estudantes têm dificuldades em considerar possíveis aplicações da clonagem em outros organismos que não os humanos. Conhecimentos básicos de citologia, histologia e ecologia auxiliam na compreensão da clonagem e das influências do meio nos organismos clonados, bem como em qualquer organismo vivo.

Se a cultura e a educação influenciam nas diferenças de desenvolvimento entre o ser humano e um possível clone dele, também mudanças na nutrição, nas condições climáticas e no habitat alteram o desenvolvimento dos clones de qualquer outra espécie de animal ou planta. Entendemos que a tendência dos estudantes em pensar a clonagem tendo como referência os seres humanos deve-se ao fato da forte influência da mídia, particularmente da televisão que, no Brasil, popularizou o tema na novela “O clone”.

Este fato torna-se um obstáculo que dificulta o pensar deles em relação a semelhanças nas estruturas celulares entre organismos de diferentes espécies, divisão celular, enfim, estudos já realizados nestas áreas da biologia. Trata-se de obstáculos da *experiência primeira*, em que fenômenos naturais são apresentados para os estudantes como doutrinas fáceis. Pensar em reprodução humana é fácil na visão do estudante, porque ele faz uso de estruturas do conhecimento oriundas das experiências primeiras vivenciadas por ele no cotidiano. Mesmo tratando-se de um fenômeno natural complexo é visto por ele sem preocupações com os “por quês”. É preciso que eles rompam com estes saberes da experiência primeira, para poder compreender o fenômeno da clonagem, as transformações celulares que ocorrem na formação do ser vivo e então, ao adquirir a *consciência máxima possível*, poder enfrentar os desafios da aprendizagem e de situações do cotidiano, posicionando-se frente a este saber.

A categoria **clareza conceitual** é analisada também nas questões cinco e seis, que discutem se o organismo clonado é idêntico ao outro e percebemos que, quando se trata de qualquer ser vivo (questão cinco), as respostas foram imediatas, como as seguintes:

(B17) – “*Acho que clonar algo é estar criando algo idêntico*”.

(B11)– “*Porque o DNA dele é igual ao primeiro, é uma cópia totalmente idêntica*”.

(B24) – “*Porque clonagem é a produção de indivíduos idênticos do organismo inicial*”.

(B14)– *“Eu acho ela correta pois a clonagem é isso, gerar um organismo fisicamente idêntico a outro organismo”.*

Ao analisarmos o que dizem os mesmos estudantes quando nos referimos se o clone humano é idêntico ao ser humano que foi clonado (questão seis), obtivemos como respostas:

(B17) – *“Será idêntico mas terá vida própria”.*

(B11)– *“Se for ver pelo lado genético eles são a mesma coisa. O que muda é a educação e as ocasiões que cada um passará nas suas respectivas vidas”.*

(B24) – *“Ninguém consegue ficar igual a ninguém, sempre terá uma pequena diferença”.*

(B14) – *“Seria fisicamente idêntico, mas o pensamento dela pode variar dependendo como ela é criada. Também os estudos”.*

Nas justificativas acima fica claro que as influências do meio são consideradas apenas para seres humanos pela maioria dos estudantes. Ao tratarmos de outros animais ou outros seres vivos, as influências do ambiente ficam menos evidente para eles.

Ao analisarmos a categoria **determinismo genético** nas respostas às questões nove e dez do questionário, verificamos que os estudantes se posicionam de forma determinista no que se refere aos seres vivos em geral e não consideram as influências do meio. Eles só consideram o ambiente quando se trata de seres humanos. Podemos verificar isto nas justificativas dos estudantes abaixo:

Clonagem de qualquer organismo vivo -

(B22) *“Porque eles fazem o clone, seja animal, vegetal ou microrganismo, pelos meus conhecimentos, de um organismo inicial é realizado vários experimentos, tudo cópia”.*

(A5) *“Porque todo o indivíduo (animal...) clonado é idêntico à matriz. O embrião clonado recebe as mesmas características do outro organismo”.*

Clonagem em seres humanos – mas em pensamento, da forma de agir, não”.

(A5) *“Fisicamente a pessoa seria idêntica, mas sua forma psicológica poderia ou não ser igual ao do outro. A personalidade poderia ser modificada através de vários fatores, tempo, consciência, etc”.*

Na questão quatro analisamos a categoria dos **obstáculos epistemológicos** dos tipos: conhecimento geral (tendência a generalizar, apresentando respostas

vagas) e pragmático (busca utilidade em tudo). Os obstáculos epistemológicos são como uma espécie de lentidões e conflitos que surgem no ato de conhecer, onde conhecimentos e opiniões oriundos de nossa cultura atuam como inércia ou resistência ao conhecimento novo (BACHELARD, 1996).

Nas respostas dos estudantes para essa questão e para a questão três, verificamos a presença de vários destes obstáculos. Por exemplo, quando questionamos sobre os *grupos sociais beneficiados com a aplicação da técnica de clonagem* ou sobre a escolha ainda, dos temas *inseminação artificial e transgênicos como mais relacionados com a clonagem*, percebemos uma tendência às generalizações baseadas em concepções prévias.

(A1) – *“Os cientistas e biólogos. São eles, pois esse assunto clonagem tem a ver com o estudo deles”*. (pragmático)

(A1) – *“Que assim ó: inseminação artificial, eu acho que tem a ver com a clonagem, que pra fazer a clonagem tu tem que ter uma parte e inseminação artificial, assim, o homem não pode ter o filho, daí, sei lá, pega o sêmen, alguma coisa e insere na mulher assim, é isso que eu acho”*. (geral)

(A3) – *“Ah... transgênicos? É alguma coisa que não trás os mesmos benefícios que o original”*. (geral/pragmático)

(A5) – *“Pra mostrar até que ponto eles podem chegar, entendeu. A clonagem, uma coisa que nunca ninguém imaginou, assim, que poderiam criar, a partir de uma célula, uma outra pessoa, uma outra coisa. Comecei a ver a capacidade do ser humano, a capacidade do cientista, que eles estudam e tal, o que eles estão descobrindo, até chegar a clonagem o que eles fizeram, assim eles estariam provando que através do que eles fazem, do trabalho deles, eles podem fazer até o que a gente pode imaginar impossível”*. (pragmático)

(A7) *“Por que eles saberiam como fazer, beneficiariam a população, e que eles teriam benefícios eles teriam, mas, qual, é difícil de dizer”*. (geral)

(B21) – *“Estão mais próximos da clonagem”*. (geral)

(B18) – *“Porque eles têm muita capacidade para usar a clonagem e, para eles, clonar um pulmão novo para alguém que esteja morrendo é ótimo”*. (geral/pragmático)

Auler (2002), ao investigar a compreensão dos professores de ciências sobre as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, diagnosticou na fala desses professores a presença dos mitos do século XXI, através de manifestações

originadas da concepção de neutralidade da ciência e da tecnologia, que respalda o modelo tradicional de progresso, segundo o qual o bem-estar social é decorrência linear do desenvolvimento científico-tecnológico. Um desses mitos, o **determinismo tecnológico**, condiciona e reforça a passividade da humanidade diante do desenvolvimento científico e tecnológico. Observamos essa característica em respostas à questão oito, que proporciona a escolha de quem deve decidir sobre a aplicação da clonagem. Com exceção de dois estudantes, os demais escolheram a alternativa: (b) estudiosos no assunto e as justificativas foram como as seguintes:

(B14) – *“Eles são os que vêm se uma nova técnica biológica será utilizada ou não. Eles tem o poder”*.

(A4)- *“Porque eu acho que eles, como têm estudo, teriam mais capacidade”*.

(B17) – *“Porque são eles que entendem, não nós”*.

(A5) – *“Eu acho que são eles porque estão estudando, estão sabendo, porque, por exemplo, um político, um advogado, não tem conhecimento para isso, eles não sabem, não estão a par do assunto, os estudiosos é quem sabem se vai ser bom ou não”*.

(B15) – *“Pois saberiam como um clone iria se portar perante os demais”*.

(B27) – *“Os estudiosos sabem especificamente desse assunto, aí então devem explicar e decidir se é bom ou ruim”*.

Na concepção destes estudantes, apenas os cientistas têm conhecimento e poder de decidir, o conhecimento é sinônimo de poder. Pragmaticamente, pensam que só decide quem é especialista. Essa admiração, essa super valorização dos cientistas representa vantagem porque oferece princípios de explicação.

Na questão quinze, em que a mesma categoria, **determinismo tecnológico**, foi analisada, ao discutirmos se biotecnologias como a clonagem terapêutica podem propiciar melhores condições de vida a qualquer pessoa com doença genética, dos 28 estudantes, 20 escolheram a alternativa (a)*sim, com o desenvolvimento de tecnologias ligadas a saúde, todo cidadão poderá ter maior qualidade de vida*. Destes 20, 14 não justificaram no questionário; 5 optaram pela alternativa (c)*não, a evolução tecnológica caminha na contra-mão da aplicação dos direitos humanos*; 2 não responderam e 1 não assinalou qualquer das opções, mas justificou assim: *“Essas técnicas só são aproveitadas pelos ricos, a população geral nem sequer terá chance. Só se for no programa do Ratinho”* (B11). Este estudante refere-se a um programa televisivo popular cujo apresentador tem o codinome Ratinho. Alguns

estudantes que optaram pela alternativa (a) apresentaram justificativas como estas:  
 (B22) – *“O aumento do conhecimento dessas tecnologias poderá salvar vidas”*;  
 (B24) – *“Quanto mais valorizarem a saúde, mais qualidade de vida os seres humanos terão”*.

Comentários como estes evidenciam uma aceitação passiva do desenvolvimento tecnológico e uma visão unidirecional quanto aos benefícios.

Os obstáculos epistemológicos geral e pragmático foram observados também nas respostas da questão catorze, quando é discutido o início da vida humana, bem como a persistência de opiniões (obstáculo da experiência primeira) que em geral se originam de crenças e mitos, vulgarizando o conhecimento e contribuindo para a ampliação de uma visão ingênua que se limita ao senso comum. Saberes do senso comum estão impregnados de generalidades, de utilidades, de admirações, enquanto que o conhecimento científico está ligado mais a princípios teóricos e racionais. Dos 28 estudantes, 13 responderam assinalando a alternativa c) *no momento em que o embrião se implanta no útero*; 3 escolheram a alternativa a) *na célula reprodutora – óvulo ou espermatozóide*; 2 responderam a alternativa b) *no zigoto ou célula-ovo*; 8 responderam a alternativa f) *no momento do nascimento*; 1 escolheu a alternativa d) *quando se forma o sistema nervoso* e 1 escolheu a alternativa e) *quando se formam todos os órgãos*.

Estes obstáculos se fortaleceram ao observarmos respostas como essas, nesta questão:

(B18) – *“Porque dentro da barriga o ser humano ele não pensa nem sente nada”*.

(B9) – *“O momento em que podemos ver o bebê, o momento em que ele poderá chorar, falar, etc”*.

(B14) – *“Porque enquanto que a gente não nasce não sente todas as coisas que uma pessoa sente”*.

(B23) – *“Pois estará respirando oxigênio”*.

(A6)- *“Sei lá, na religião a vida começa quando, eles dizem, Deus daí concebeu ali pra criança nascer e tudo, e começa a partir do nascimento”*.

A polêmica em torno do *status* do ser humano como pessoa portadora de direitos é antiga. Assim como no desenvolvimento de técnicas para transplante de órgãos de doadores “mortos”, exigiu uma definição para *momento da morte*, também a evolução de tecnologias ligadas à reprodução assistida precisa de uma definição para o *momento do início da vida*. *“A sempre renovada discussão referente ao*

*momento no qual o embrião humano passa a “merecer” respeito à sua vida e integridade, apenas comprova a aleatoriedade e o caráter pragmático da caracterização do início da vida” (SEGRE, 2004, p.42).*

Schramm (1997), estabelece relação entre a biotecnologia da clonagem, como ação humana, e alguns mitos e lembra que a tendência do homem em conhecer e agir sobre o mundo natural faz parte da própria especificidade humana. Afirma que querer conhecer a qualquer custo já estava presente na história bíblica desde os tempos de Adão e Eva, quando Adão come o fruto proibido apesar da interdição do criador; que a clonagem já teria seus primórdios se Eva tivesse mesmo nascido das costelas de Adão. Para Schramm, a “história” de Adão e Eva simboliza a evolução do homem do estágio natural para os estágios cultural e artificial, optando pelo conhecimento que vem a ser a ciência e tecnologia no mundo moderno.

*“Desde então, os descendentes de Adão perseguem o mito da imortalidade, ou pelo menos um ersatz (substituto) dela, uma maneira de contornar a precariedade da existência humana, seu estado de necessidade, lutando contra adversidades e doenças graças à competência, no início apenas técnica, depois tecnocientífica, e hoje biotecnocientífica” (SCHRAMM, 1997, p. 38).*

De acordo com relatos de Vogt (2001), as opiniões de cunho religioso, mesmo guardadas suas devidas diferenças, apresentam críticas comuns em relação a aspectos técnicos e éticos. A igreja católica defende a existência da vida humana desde a fecundação. Assim, a clonagem mesmo terapêutica, é rejeitada pelo catolicismo, porque infringe o mandamento “Não matarás”. Para a igreja católica, as técnicas científicas de reprodução são repudiadas, assim como o aborto, a eutanásia, o suicídio e o homicídio e a reprodução só deve ocorrer na relação homem e mulher, dentro do casamento. O islamismo, apesar de incentivar todo e qualquer avanço científico que venha a beneficiar o homem, considera a clonagem contrária aos princípios islâmicos, afirmando que a hereditariedade não é respeitada, pois o indivíduo clonado é desprovido de pai e mãe. Considerar, que o conflito de identidade e do grau parentesco pode abalar o ideal de família e que o aprimoramento genético a partir de um ideal eugênico é pernicioso sendo, segundo Vogt (2001), pontos comuns ao catolicismo e ao islamismo. Também segundo Vogt, os mesmos argumentos são apontados por representantes do judaísmo, que condenam a presunção do homem em tentar se comparar a Deus.

As discussões continuam, as dificuldades em relação à definição do início da vida devem ser superadas nos âmbitos científico, ético e religioso, para que segmentos da sociedade, da comunidade científica e da comunidade escolar caminhem no entendimento da produção e aplicação tecnológica. Os cidadãos, de posse dos conhecimentos, precisam estar atentos ao encaminhamento não só técnico das questões científicas, mas também aos seus custos e ao enfoque ético que corresponde a todo o contexto da utilização e expansão dos seus benefícios. Para Garrafa (2003), o inaceitável é impedir o progresso científico baseado na premissa de que o uso do conhecimento pode infringir conceitos religiosos ou morais.

Para Bachelard, a opinião como obstáculo não permite o pensar, traduz necessidades em conhecimentos; o saber ingênuo não formula problemas. Opiniões, intuições, contribuem para que os estudantes prefiram respostas prontas em detrimento de instigantes perguntas. Preferem informações que confirmam seus saberes àquelas que o contradizem. *“É justamente esse sentido de problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico”* (BACHELARD, 1996, p.18). Nas respostas abaixo, alguns estudantes apresentam sua opinião como razão para o início da vida e os obstáculos emergem quando eles explicitam suas opiniões sobre a clonagem baseadas em suas crenças.

Pesquisadora – Por que a escolha desta alternativa na questão de quando começa a vida humana?

(A1) – *“Sim, no momento que o embrião se implanta no útero, este sim tem que ser o caminho certo para começar a vida humana”.*

Pesquisadora – Quando você respondeu: no momento em que o embrião se implanta no útero, no que você pensou? A vida começaria ali, é isso?

(A1) – *“Sim, pelo que eu sei assim, pode até estar errado, mas eu acho que começa ali no útero”.*

Na entrevista com uma das estudantes, observamos, em vários momentos, o quanto é presente a generalização, as respostas vagas, inseguras, dependentes da confirmação do professor.

Pesquisadora - E quanto à questão de quando começa a vida? Você respondeu que é no zigoto. Zigoto é o mesmo que embrião?

(A4) – *“Eu acho que sim. Será?”*

Pesquisadora – Você não saberia diferenciar um do outro, mas você justificou que é onde forma o embrião, então é ali que começa a vida? Você não concorda que a vida começa com o nascimento?

(A4)- *“Não, porque no momento em que a mulher gera o filho, já começa a vida da criança, ali dentro eu acho. Não na hora que ela nasce”.*

Já o estudante (B25) escolheu a alternativa f) *no momento do nascimento* e justifica generalizando. *“Porque você só começa a sentir as coisas quando nasce, no útero você não vai sentir dor nem fome. Você começa a adquirir isso no momento que sai do útero e vem a vida aqui fora”.*

Na questão treze, sobre a relevância do tema clonagem em aulas de biologia, dos 28 estudantes pesquisados, 19 assinalaram, (c) *“sim porque esclarecem dúvidas deixadas pela mídia”*; 6 estudantes assinalaram (e) *“sim, porque contribuem para a compreensão de conteúdos afins da biologia”*; 2 assinalaram (g) *“sim porque é importante para o vestibular”* e 1 assinalou (b) *“não, porque as pesquisas com clonagem são antiéticas”*.

Algumas das justificativas foram:

(A7) – *“Na minha opinião a clonagem é “antiética” sim, sou totalmente contra, eu acho que as pessoas devem ser concebidas de forma natural”.*

(B9) – *“Ainda há muito a ser esclarecido. Então se falarmos mais sobre clonagem nas aulas de biologia, nossa opinião pode mudar a respeito”!*

(B13) – *“Pois precisamos nos inteirar, porque faz parte de nossa geração, sociedade”.*

(B28) – *“Eu acho que é importante para esclarecer dúvidas pois a mídia nos deixa no vácuo”.*

(A1) – *“Pois a mídia deixa parecer que o clone é uma coisa certa e que é como preparar o pão, cresce com certa facilidade, não é bem assim”.*

Durante a entrevista, uma das estudantes reconheceu a importância deste tema nas aulas de biologia, mas respondeu negando explicitamente a possibilidade de clonagem humana. Quando perguntamos sobre quais são os aspectos em que a mídia falha e o que ela não mostra, ela referiu-se a clonagem de Dolly, mas acabou direcionando sua resposta a uma pessoa clonada.

(A1) – *“Ela falha na hora que só mostra o lado bom, assim, por exemplo, mostra tudo o que a gente sabe, ah é bom, deu certo, não sei o que, então tá, mas eles não mostram como preparar, tudo o que foi, eles não mostram ali mesmo, a pessoa que*

*foi clonada, sei lá, a ovelha mesmo, mostra o momento que está bom e não fica bem claro assim”.*

Os dados empíricos obtidos com a aplicação dos questionários e com as entrevistas reforçam os pressupostos formulados a partir da análise do questionário piloto. Como já afirmamos, não foi nossa preocupação apresentar resultados quantitativos. Nossa preocupação maior foi verificar que conhecimentos de clonagem e de conteúdos afins estavam implícitos nas respostas dos estudantes e como eles articulavam a sua cultura primeira com a cultura elaborada adquirida no contexto escolar. As entrevistas não obedeceram a um roteiro rígido. Quando necessário, alterou-se a ordem das questões e a forma de abordar temas ligados à clonagem.

Cabe ressaltar aqui que constatamos, em vários momentos das entrevistas, que dificilmente o estudante faz uso do conhecimento científico quando se posiciona frente a questões de cunho ético, tais como: quando começa a vida humana; a existência permanente de alguém através de seu clone; a criação de seres humanos por processos artificiais. Em geral, ele reporta-se ao que Snyders (1988) denomina de cultura primeira como base de argumentação, o que fica evidente em afirmações como as seguintes:

(B9) *“A vida humana começa no momento em que podemos ver o bebê, o momento em que ele poderá chorar, falar”.*

(B23) *“A vida humana começa quando já estará respirando oxigênio”.*

O estudante (B18), quando questionado sobre as possibilidades que a clonagem permite, escolheu: *alternativas de reprodução humana*, e justificou: *“para uma pessoa nunca morrer”.*

O estudante (A2) considerou correta a alternativa com a afirmação: *clonar um organismo significa produzir um organismo idêntico* e justificou assim: *“Eu acho que certas pessoas, não contentes consigo mesmas, inventam isso só para ver como seria outro igual a ele, só que de mente diferente. Não precisamos desse tipo de ajuda, se for falta de alguém procure um amigo”.*

O estudante (B12) optou pela alternativa: *clonar um organismo significa produzir um organismo idêntico*, mas justificou assim *“Uma pessoa não poderia existir através de seu clone, pois nós não podemos mudar o que Deus fez, se a pessoa morreu, era a hora e pronto, daí se ela volta em um clone pode errar tanto que mais valia estar morta”.*

Nesta pequena amostra, evidenciamos que o tema clonagem, para a grande maioria destes estudantes, é conhecimento obtido apenas nos meios de comunicação e que seria interessante se passasse a ser tema de aula. Também observamos, nas entrevistas, que os estudantes que se posicionaram contra a clonagem reportaram-se invariavelmente a argumentos de caráter religioso.

Percebemos também uma grande dificuldade dos estudantes em relacionar os conteúdos e conceitos de sala de aula com as notícias que assistem na televisão e de expressarem sua compreensão. Relacionamos esta dificuldade com obstáculos surgidos durante sua vida escolar, onde é comum ocorrer a falta de interação entre professor e estudante no processo de ensino e aprendizagem.

Os resultados obtidos aqui são subsídios para discutirmos as origens dos problemas de aprendizagem em biologia e estudarmos novas metodologias e programas de ensino que possibilitem a construção de conhecimentos científicos relacionados a saberes já adquiridos durante a vida, em ambientes formais ou não, mas que representem situações significativas.

#### **IV. UMA PROPOSTA DE ENSINO EM BIOLOGIA NA PERSPECTIVA DA EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA.**

No capítulo III, a partir dos dados empíricos, pontuamos alguns fatores como, desconexão entre conhecimento científico e senso comum, respostas generalizadas e pragmáticas, presença marcante da cultura religiosa, falta de embasamento teórico em tomadas de decisões, que sinalizaram na direção da elaboração desta proposta de ensino. Do ponto de vista teórico, as idéias de Freire relacionadas às categorias de dialogicidade e problematização, bem como as idéias de Bachelard, relacionadas às categorias, obstáculos epistemológicos e rupturas, apresentadas no capítulo I, norteiam esta programação de ensino em biologia. No capítulo II, o levantamento dos conhecimentos científicos sobre clonagem foi importante para a elaboração desta proposta, ao mostrar a articulação entre este tema e os conceitos básicos de biologia.

Durante todo o período de revisão bibliográfica e de coleta e análise dos dados da pesquisa, nosso foco de preocupação maior estava em entender, lá na origem, alguns dos problemas de aprendizagem em genética apresentados pelos estudantes do ensino médio. Verificamos que situações semelhantes de dificuldades de aprendizagem vêm sendo observadas em outras áreas de pesquisa das ciências naturais.

Oliveira (2003) pesquisou as concepções dos estudantes do ensino médio sobre usos de energia e a relação que fazem com conceitos científicos em química ao explicar fenômenos do cotidiano. Teve como objetivo perceber a forma como a escola vem tratando tal temática. O autor constatou que em geral os estudantes não conseguem estabelecer uma relação entre o conteúdo curricular de química visto na escola e as situações vivenciadas no seu dia-a-dia. Observou também que o livro didático é o instrumento mais utilizado no ensino de química e chamou a atenção para a prevalência teórica do enfoque de um conceito e ocultação de outro.

Justina (2001) observou que as novas abordagens em genética – DNA recombinante, clonagem, transgênicos, projeto genoma – são as apontadas pelos professores como as que apresentam maior grau de dificuldade. Os professores apontam para a necessidade de uma instrumentalização para atender a demanda de dúvidas, a respeito dessas temáticas, que emergem por parte dos estudantes. A

autora aponta que estes assuntos ou não são tratados nos livros didáticos, ou aparecem com uma abordagem inadequada, com erros conceituais, sem relacioná-las com conceitos básicos desta ciência. O contato entre os estudantes e essas temáticas acaba ocorrendo através da mídia, onde a compreensão se torna difícil, o que pode reforçar a visão sensacionalista, determinista, ingênua e reducionista da genética e de suas aplicações tecnológicas.

Para que os novos saberes sejam compreendidos, é necessário que sejam articulados a saberes já adquiridos e ocorram as conexões cognitivas. A escola tem como compromisso social possibilitar formas para a aquisição destes saberes sem impor aos estudantes posicionamentos, decisões e opiniões, pois o desconhecimento pode estar influenciando o posicionamento do estudante. Entretanto, devemos levar em conta que um posicionamento ético das pessoas contra a aplicação de determinada tecnologia nem sempre é devido à ignorância.

Justina (2001), aponta que, embora muitos assuntos discutidos na mídia, tais como alcoolismo, câncer, envelhecimento, obesidade e clonagem terapêutica sejam relacionados à genética, esta área ainda é vista como algo complicado, de difícil compreensão por estudantes e público em geral.

*“A genética está se desenvolvendo vertiginosamente. Os professores julgam importante apresentar os mais recentes resultados aos seus estudantes, principalmente, quando há tantas novidades interessantes para comentar. Quando as novas abordagens em genética são apresentadas, sem primeiro proporcionar o vigamento conceitual do campo aos estudantes, as informações sobre as ‘descobertas recentes’ podem ser memorizadas, mas é impossível que sejam compreendidas de fato” (JUSTINA, 2001. p.99).*

Essas contradições do fazer pedagógico é que sustentam minha ansiedade na busca de propostas de ensino que superem as dificuldades em ensinar e aprender biologia. Hoje, com um olhar mais distanciado, percebo quantos equívocos cometi ao longo da minha prática como professora de ciências e de biologia, quantas vezes considerei minhas aulas dialógicas quando apenas eu falava, falava, falava e os estudantes ouviam, ouviam, ouviam. Quantos planos de aulas foram “clonados” para diferentes turmas de mesma série e de anos letivos consecutivos. Durante um determinado período foram ações pedagógicas rotineiras, meio que inconscientes. Com o tempo passaram a ser percebidas e a provocar incômodos e insatisfações profissionais, que me impulsionaram na busca de novos e motivadores caminhos pedagógicos.

Gouvêa da Silva (2004), em sua tese de doutoramento, analisa e discute suas preocupações relacionadas à prática educacional a partir de sua própria vivência profissional e defende uma intervenção pedagógica crítica na prática educativa desumanizadora vigente, na perspectiva da elaboração de currículos comprometidos com as pessoas socialmente excluídas, das contradições sociais vividas por elas, para tornar-se um ensino significativo e transformador. Apresenta como objetivo da tese estabelecer as articulações necessárias para que essas dimensões sejam contempladas. Gouvêa da Silva sinaliza que *“partir da realidade do estudante, diálogo, projetos interdisciplinares, cidadania crítica, passaram a ser jargões que, já há algum tempo, fazem parte do repertório do educador. (...)Entretanto, basta perguntar como tais qualificações vêm sendo implementadas na prática que se tem um silêncio desconcertante como resposta”* (GOUVÊA da SILVA, 2004, p.8). Ou seja, uso desconectado de palavras para ilustrar possíveis intenções de relacionar teorias pedagógicas e práticas de ensino. Gouvêa da Silva identificou essas contradições entre teoria e prática vividas em sala de aula e buscou estabelecer articulações para que dimensões do contexto social que vivem os estudantes sejam contempladas na prática da organização curricular cotidiana da escola pública contemporânea. Sua proposta está embasada em um Movimento Coletivo de Reorientação Curricular, num projeto interdisciplinar via tema gerador, que tem como referência a proposta de educação de Paulo Freire, desenvolvida em quatro etapas que foram comentadas no capítulo I desta dissertação.

Não temos como objetivo propor algum tipo de processo de construção curricular. Nossa pretensão é de organizar saberes de biologia numa programação de ensino baseada na abordagem temática, com o tema clonagem. Consideraremos as dimensões epistemológicas de Bachelard e as educacionais de Freire e dos PCNEM+, na configuração adaptada da quarta etapa da investigação temática de Freire, que é a redução temática. Como proposta metodológica pensamos adequar essa programação aos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), tecendo comentários sobre as possibilidades de adequar também a metodologia da problematização do arco de Maquerez, como proposta por Berbel (1999).

Pretendemos organizar esta programação da redução temática no ensino de biologia para estudantes do 1º ano do ensino médio, de forma a promover a integração de conteúdos e conceitos de citologia, reprodução, embriologia e

genética básica. Nosso ponto de partida será elaborar uma situação problema envolvendo a clonagem, que mobilize os estudantes na busca de soluções. A clonagem será nosso objeto de análise e temática significativa crítica, como pressuposto de que se trata de um tema que desencadeia ações pedagógicas críticas e problematizadoras. *“Assim é que, no processo de busca da temática significativa, já deve estar presente a preocupação pela problematização dos próprios temas. Por suas vinculações com outros. Por seu envolvimento histórico-cultural”* (FREIRE, 2003, p.100).

Na análise da participação dos estudantes nos questionários e entrevistas, ficou claro que a clonagem representa para eles um tema significativo e crítico. Quando argumentam sobre o uso do tema em aulas de biologia eles colocam que, (A3) *“Ah, faz parte da biologia, por exemplo, se eu soubesse, teria mais facilidade em conversar agora com você, tenho muita dificuldade porque não aprendi. Com a clonagem poderia entender melhor sobre células, doenças”*.

(A6) *“Não, mas o que eu tenho é da televisão, de filmes que passam que é clonado o cara, que tu já fica ligado como fazem, até de revista em quadrinho, e eu gosto muito desse assunto. Eu sei mais sobre isso fora do colégio, os professores não tratam bem desse assunto. Só uma coisa ou outra que a professora fala, se um estudante pede do que viu na televisão”*.

(A5) *“Não, seria importante, a gente ter uma noção maior da clonagem, na televisão passa de um jeito mais para tentar convencer a gente. No colégio a gente teria melhor uma noção do certo, poderia julgar quando assistir na televisão. O colégio deveria ser mais forte nesse sentido”*.

(B15) *“Como eu não sabia o fato da Dolly, pode haver coisas mais importantes que eu não sei e é bem interessante”*.

(B13) *“Pois, temos que ficar por dentro das coisas que estão acontecendo, dos benefícios que a clonagem pode nos trazer”*.

(B14) *“É provável que no vestibular façam perguntas sobre o tema”*.

São diversas as argumentações concordando com o uso do tema clonagem em aulas de biologia. Os estudantes explicitam em seus posicionamentos a falta de interação entre o que se aprende na escola e o que se vive no dia-a-dia. No depoimento dos estudantes fica claro que no geral não há uma sintonia entre aquilo que supostamente o estudante já sabe e o que ele precisa aprender. Mesmo que para alguns a argumentação seja como a do estudante *“Eu gostaria de aprofundar o*

*assunto de clonagem, assim as aulas deixariam de ser tão chatas” (B19).*

Infelizmente, ouvimos freqüentemente frases como essas, em que o estudante não se sente motivado a saber, aprender. Geralmente isso ocorre quando o estudante não se percebe como parte do todo, incluído no processo. Problemas fisiológicos, culturais, sociais, econômicos e emocionais podem contribuir com essa realidade, mas não podemos deixar de considerar alguns aspectos pedagógicos, como aponta Lopes, *“é postura freqüente dos professores na escola secundária a de distribuir conhecimentos efêmeros e desordenados, marcados pelo signo da autoridade”* (LOPES, 1993, p.325).

A aprendizagem é vista muitas vezes pelo estudante como uma obrigação, nesse caso o professor desempenha um papel fundamental nesse processo, pois a frieza, a distância, as tensões, e os confrontos são os grandes vilões do fracasso escolar. É notável a expectativa dos estudantes quanto às relações de afetividade com os professores. Para Paulo Freire são esses os principais aspectos que estruturam uma educação humanista. Para conduzir o estudante a colocar suas idéias, suas dúvidas e angústias quanto ao assunto, para convencê-lo a justificar seus saberes, é preciso superar resistências. Os estudantes de classe social menos favorecida, que não vivem em um contexto familiar que valoriza a formação intelectual, não sentindo satisfação na escola, abandonam e tornam-se cada vez mais marginalizadas por essa sociedade opressora. Outros, mesmo não encontrando essa satisfação cultural, permanecem e são mantidos pela disciplina familiar. Segundo Snyders (1988), o que é ensinado pela escola pode não corresponder às expectativas dos estudantes, pode não trazer respostas às suas inquietudes, clareza às suas descobertas, luz às suas esperanças. *“Se a escola não se fundamenta sobre o atrativo dos conteúdos, corre o risco de especular o temor, temor de sanções imediatas e principalmente temor de grandes fracassos tão freqüentemente profetizados”* (SNYDERS, 1988, p. 190).

Quando os conteúdos são apresentados como *“hoje você não vai usar, mas no vestibular, com certeza”*, famosa utilidade para mais tarde, numa sociedade contemporânea cheia de incertezas, tendem a contribuir com a escola da não-satisfação, aquela que gera tensões negativas, que limitam as ambições dos estudantes a garantir notas apenas para aprovação de uma série para a seguinte.

A escola precisa estar mais presente na vida do estudante e estará, quanto mais procurar conhecer que estudante é esse que freqüenta esse ambiente, quais

as suas preocupações, como estuda, como os professores ensinam, como programam suas aulas e se as fazem a partir das seqüências programáticas dos livros didáticos. Que concepção de educação norteia as ações pedagógicas desenvolvidas pela escola? Está centrada no sujeito que sabe e ensina a sujeitos que nada sabem e que precisam aprender? Em geral as escolas apresentam preocupação com a seqüência dos conteúdos a serem trabalhados, mas não presenciamos com freqüência critérios estabelecidos pela escola para selecionar os conteúdos a serem desenvolvidos no decorrer do ano letivo. As queixas freqüentes são quanto à falta de conteúdos considerados pré-requisitos para a aprendizagem do estudante, que são de responsabilidade do professor da série anterior, ou ainda reclamações quanto à falta de domínio por parte do estudante nas leituras e interpretações, que não foi resolvida pelo(a) professor(a) de língua portuguesa.

A redução temática constitui-se em uma forma de superarmos em parte essas questões de motivação dos estudantes pelos estudos, de programação de ensino e de ações pedagógicas, enfim, a possibilidade do especialista programar em sua área específica de conhecimento a visão geral do tema reduzido, mediante o problema posto. Organiza os núcleos fundamentais que se constituem em unidades de aprendizagem estabelecendo relações e seqüências entre elas.

A redução temática é um processo de articulação entre temas e conceitos científicos. Na educação escolar, a partir do momento em que são definidos os temas que serão trabalhados, os professores organizam a redução temática fazendo uso dos conceitos, modelos e teorias de sua área do conhecimento, para melhor compreenderem o tema analisado. Ao mesmo tempo, eles identificam os conceitos dos quais os estudantes necessitam apropriar-se para que tenham compreensão científica e compartilhada do tema analisado (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002).

Segundo Freire (2003), quando não dispomos de recursos para desenvolver a etapa inicial da investigação temática, observamos cuidadosamente a realidade local e escolhemos temas que funcionam como “codificações de investigação”. A partir desses temas inicia-se o desdobramento do programa.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), citando Snyders, dizem que os temas e conteúdos programáticos escolares devem ser selecionados a partir da articulação entre conhecimentos científicos produzidos, por meio de uma exploração didática de temas significativos. Enfatizam dois critérios para a definição dos temas:

aqueles que dizem respeito ao fascínio dos jovens por aparatos tecnológicos e aqueles que provocam discussões do problema balanço benefício-malefício da produção científica e tecnológica. Estes critérios privilegiam o desenvolvimento da conceituação científica pertinente, bem como contribuem com a exploração da interdependência entre os conhecimentos produzidos pela ciência e pela tecnologia.

Almejamos que os estudantes façam uso do conhecimento para participar politicamente da sociedade, contribuindo com a transformação de sua realidade em busca de uma sociedade mais justa, com menos desigualdades sociais, então não podemos ensinar a partir de seqüências lineares de conteúdos, numa dimensão apenas burocrática. Cabe à escola, como instituição social, comprometer-se com a tarefa de organizar formas de entendimento de saberes culturalmente estabelecidos em determinados momentos históricos. Os programas de ensino devem materializar estes ideais, podendo propiciar de forma eficiente a compreensão da evolução dos conceitos, como partes de um todo, em cada área específica. Deve ainda possibilitar ao indivíduo se beneficiar em sua vida cotidiana do que lhe foi ensinado na escola.

Hoje, equipamentos tecnológicos estão por toda parte em nossas casas e terapias com aparatos tecnológicos dos mais diversos, são uma realidade na maioria dos sistemas de saúde, especialmente nos privados. Como conseqüência, muitas das tomadas de decisões em nossa vida podem ser gerenciadas de uma melhor forma com base em conhecimentos sobre tecnologias. Por conta disso, o cotidiano moderno gera desafios muito diferentes dos que passaram nossos familiares anos atrás. A influência cada vez maior da ciência e tecnologia em nossas vidas exige habilidades e atitudes que devem ser desenvolvidas no ambiente escolar.

*“Na educação, as mudanças não ocorrem de forma tão rápida quanto na tecnologia, gerando um distanciamento a ser superado. O mundo da tecnologia e da informação nos fornece indicações, aprimora os nossos sentidos, permite-nos viver em um bem-estar com que nossos antepassados não ousaram sonhar. Ter acesso ou não à informação pode se constituir em elemento de discriminação na nova sociedade que se organiza” (PCNEM, 1999, p. 185).*

Como já mencionamos no capítulo I, propostas curriculares nacionais e estaduais existem, mas o difícil é fazê-las chegar à sala de aula. Nossa intenção é que documentos como a Proposta Curricular de Santa Catarina (1998), PCNEM (1999) e PCNEM+ (2002), bem como os Cadernos de Formação da Prefeitura Municipal de São Paulo (1991) fundamentem, estruturem e sustentem nossa

programação de ensino, que pode ser utilizada, como base, por professores de qualquer disciplina, em qualquer unidade escolar. A análise desses documentos pode auxiliar a quem tiver o interesse de aplicar e analisar a proposta apresentada aqui, com o propósito de que conteúdos e conceitos não representem o fim a que se quer chegar com o ensino, mas sim, os meios que fornecem subsídios para uma melhor compreensão da realidade.

Os conteúdos de biologia, de acordo com Krasilchik (2004), têm sido tradicionalmente desenvolvidos a partir do livro didático, instrumento que no ensino de biologia, continua tendo um papel de grande importância, tanto na determinação dos conteúdos como na determinação da metodologia usada em sala de aula, que por sinal continua sendo no sentido de valorizar um ensino informativo e teórico. A autora aponta o livro didático como mediador entre professor e estudante.

Manzke (1999) relata que a genética é considerada por alguns professores como a parte da biologia de maior dificuldade para o ensino e apesar de mudanças significativas dos estudos de genética serem divulgados na mídia, essas mudanças não podem ser consideradas no ensino, pois os conteúdos programáticos continuam lineares, seqüenciais em todas as escolas e em geral, cópias fiéis de sumários de livros didáticos. *“O fato de esta evolução científica e tecnológica da genética ser conhecida e de existência inquestionável, ela é inversamente proporcional ao desenvolvimento do ‘ensino’ da genética no nível médio”* (MANZKE, 1999, p. 54).

Como etapa anterior à estruturação de nossa programação de ensino, através da abordagem temática, optamos por fazer um estudo da programação dos conteúdos do 1º ano do ensino médio em três livros didáticos, utilizados pelos professores da escola onde realizamos o levantamento com os estudantes. Consideramos também a Proposta Curricular de Santa Catarina, e os PCNEM e PCNEM+ .

O sumário do primeiro livro<sup>17</sup> examinado (anexo 4) abrange os conteúdos tradicionalmente previstos para o 1º ano da disciplina de biologia na maioria dos livros. Trata basicamente das Teorias da Origem da Vida, das características dos Seres Vivos, da citologia, da reprodução e embriologia animal e por fim da histologia. A organização dos conteúdos corrobora o que diz Krasilchik (2004) sobre a persistência da linearidade nos programas predominantes do ensino médio no Brasil

---

<sup>17</sup> Livro didático: Bio. Vol.1. Sônia Lopes. Ed. Saraiva, 4ª edição. 1998.

desde a década de 1990.

O segundo livro didático<sup>18</sup> examinado, volume único, apresenta os mesmos conteúdos que aparecem nos livros didáticos em três volumes, mas de forma mais sintética. Em oito unidades, aborda todo o conteúdo de biologia do ensino médio. Segue a mesma seqüência dos livros didáticos em geral, que são: Teorias da Origem da Vida, Compostos Químicos da Célula, Citologia, Gametogênese, Embriologia e Histologia, (assuntos comumente tratados no 1º ano) Taxonomia, Sistemática, Anatomia e Fisiologia da Biodiversidade (tratados no 2º ano) Genética, Ecologia e Evolução (direcionados ao 3º ano). Numa seqüência bem semelhante também vêm os conteúdos apresentados no terceiro livro didático<sup>19</sup>, também em volume único. Percebe-se então que mudam as cores, ilustrações, autores, mas a formatação, nesses livros mais recentes, não apresenta novidades.

Não objetivamos, no exame desses livros, analisarmos a qualidade do conteúdo apresentado, nem aspectos de articulações entre conteúdos. Apenas procuramos ampliar nossa visão da programação que circula e é preponderante nas salas de aulas de nossas escolas. Ao percebermos que há décadas a programação de ensino segue basicamente a mesma linearidade, entendemos a resistência dos professores em mobilizar-se, no sentido de buscar novas formas de programar o ensino de sua disciplina.

A Proposta Curricular de Santa Catarina (1998) enfatiza que a biologia deve oportunizar ao educando uma maior aplicação dos conhecimentos científicos em seu cotidiano. Não impõe os conteúdos, mas sugere e aponta que professores e escolas devem selecionar os que são relevantes, bem como as metodologias a serem aplicadas. Porém, lista os conteúdos (anexo 5) numa linearidade semelhante à dos livros didáticos, mesmo propondo que os avanços da ciência e da biotecnologia devem chegar à sala de aula pelos conteúdos de biologia.

Os PCNEM (1999) propõem que não se deve estabelecer a decisão sobre o quê e como ensinar, como uma lista de tópicos em detrimento de outra, por manutenção tradicional ou por inovação arbitrária. A programação neste documento não estabelece uma programação de ensino baseada em conteúdos, mas sim, em competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino de biologia,

---

<sup>18</sup> Livro didático: Biologia em Foco. Vol. Único. Wanderley Carvalho. FTD, São Paulo. 2002.

<sup>19</sup> Livro didático: Biologia Série Brasil. Vol. Único. Linhares e Gewandszajder 2004.

“abordagem por competência<sup>20</sup>”. Sugerem que ao longo do ensino médio, para garantir a compreensão do todo, o professor deve partir do geral, no qual o fenômeno vida é a totalidade. Para promover um aprendizado ativo, que transcenda a memorização de nomenclaturas, os conteúdos devem ser apresentados como problemas a serem resolvidos com os estudantes. Na elaboração de um instrumento de investigação para esses problemas, recomenda que sejam estabelecidas conexões com aspectos do conhecimento tecnológico a eles associados. Sugere também que estudos aprofundados de determinados grupos de seres vivos (anatomia, fisiologia, comportamento), podem constituir-se em projetos educacionais. *“Uma idéia central a ser desenvolvida em biologia é a do equilíbrio dinâmico da vida, com as permanentes interações entre seres vivos e os demais elementos do ambiente”* (PCNEM, 1999, p.223).

Enfim, os PCNEM vão apresentando as possibilidades de articulação entre conteúdos a serem desenvolvidos, enfatizando aqueles considerados pertinentes ao nível médio de ensino. Propõem formas de apresentar tais conteúdos, voltadas para o desenvolvimento de habilidades e competências. Ressaltam que,

*“Não é possível tratar, no ensino médio, de todo o conhecimento biológico ou de todo o conhecimento tecnológico a ele associado. Mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da biologia como um movimento não linear e freqüentemente contraditório”* (PCNEM, 1999, p. 225).

Os PCNEM+ (2002), por sua vez, fornecem uma programação a partir de temas estruturadores. Para desenvolver as competências, este documento sugere uma nova organização curricular das escolas e uma nova programação de ensino em cada disciplina. Os PCNEM+ pontuam que a decisão sobre a melhor maneira de desenvolver tais competências cabe aos sistemas de ensino (estadual e municipal) e a cada escola. Embora considerem inviável um currículo único, ilustram uma possível organização das competências por meio de seis temas estruturadores. Essa organização teve como ponto de partida duas questões semelhantes às que pontuamos no início de nossa pesquisa e que apresentamos, no capítulo I (p.38).

Os seis temas estruturadores são:

---

<sup>20</sup> Na abordagem por competência, o conhecimento é tratado como recurso para que o indivíduo, diante de situações de vida, tome uma decisão, identifique ou enfrente um problema, julgue um impasse ou elabore um argumento. (PCNEM+, 2002, p. 35).

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.

Esses temas estruturadores não representam novos campos conceituais da biologia, apenas representam uma nova forma de agrupar esses conceitos. Cada um dos seis temas reúne conteúdos sistematizados em quatro unidades temáticas, onde os conteúdos tratados favorecem o desenvolvimento de cada competência relacionada. A seqüência dessas unidades temáticas dentro dos temas se apresenta numa dimensão onde é privilegiado primeiramente o funcionamento geral dos sistemas vivos na sua manifestação macroscópica, em seguida as especificidades dos sistemas vivos e por fim, a dimensão microscópica de seus fenômenos. Porém, os PCNEM+ deixam em aberto a opção de inverter esta ordem.

Os PCNEM+ reafirmam que não é possível ensinar tudo pois, ainda que se procure compactar o vasto conteúdo e se limite a transmitir informações inquestionáveis, não se ensina tudo, porque não ocorre ensino se não há aprendizagem.

*“Assim, ocorre uma mudança de foco: o importante não é que conteúdos o professor desenvolveu, mas quais foram adequadamente assimilados pelos estudantes. Devem ser selecionados os conteúdos e as estratégias que possibilitem ao estudante entender não só a sua realidade particular, mas principalmente o contexto maior no qual essa realidade específica se insere. A vida escolar deve fornecer ao estudante ferramentas para uma atuação consciente em sua vida” (PCNEM+ 2002.p.51).*

Na década de 90 um programa de prática educacional interdisciplinar e coletivo foi elaborado, pela Prefeitura Municipal de São Paulo, voltado para as escolas da rede pública municipal, denominado Projeto Movimento de Reorientação Curricular. Como este projeto é referência importante na elaboração desta pesquisa, será aqui descrito sucintamente.

## IV. 1 – Projeto Movimento de Reorientação Curricular.

Este projeto teve como piloto dez escolas da rede pública municipal de ensino e foi coordenado por Paulo Freire, durante sua gestão como Secretário Municipal de Educação no governo de Luiza Erundina de Souza. Teve como apoio teórico as idéias do livro “Pedagogia do Oprimido” (FREIRE, 2003).

A Secretaria Municipal de Educação contou na época com equipes multidisciplinares dos Núcleos de Ação Educativa (NAEs), Diretoria de Orientação Técnica e das Escolas Piloto e ainda com a assessoria de uma equipe de professores universitários da USP (Universidade de São Paulo), PUC-SP (Pontifícia Universidade Católica de São Paulo) e UNICAMP (Universidade de Campinas). Quatro desses professores haviam já analisado esta perspectiva de trabalho pedagógico em suas dissertações de Mestrado<sup>21</sup>, em períodos anteriores ao projeto. A proposta era de criar um Movimento de Reorientação Curricular que subsidiasse as escolas municipais no avanço em direção à autonomia.

Esse projeto tinha como princípios básicos, além da autonomia das escolas, o resgate de práticas e experiências avançadas, a discussão coletiva e a unidade ação-reflexão-ação, conduzindo o saber sempre sob a forma de questionamentos. Como projeto dinâmico e interdisciplinar, tinha entre outros objetivos: encontrar, através de estudos e reflexões coletivas, uma prática de construção de um saber não fragmentado; vincular a construção do conhecimento à realidade em que a escola está inserida; recuperar o papel do educador enquanto produtor e criador de conhecimento e organizador de sua prática, mantendo-se e incentivando-se a unidade teoria e prática; rever o papel da escola com vistas à melhor compreensão da realidade para uma possível intervenção nessa realidade (SÃO PAULO, caderno 05, 1992).

Nós percebemos objetivos semelhantes nos PP (projetos pedagógicos) de diversas escolas, com as quais já trabalhamos, mas no que se diferenciam então

---

<sup>21</sup> ANGOTTI, J. A. Solução Alternativa para a Formação de Professores de Ciências. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IFUSP/FEUSP. 1982.

DAL PIAN, M. C. A Proposição de Objetivos para um Curso de Física do Meio Ambiente do RN: Uma questão de Análise Sistemática. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IFUSP/FEUSP. 1981.

DELIZOICOV, D. Concepção Problematizadora para o Ensino de Ciências na Educação Formal. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IFUSP/FEUSP. 1982.

PERNAMBUCO, M.M.C.A. Ensino de Ciências a partir de Problemas da Comunidade. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IFUSP/FEUSP. 1981.

estas escolas, na prática, em relação ao alcance desses objetivos?

A proposta que apresentamos nessa dissertação tem como pressuposto que escolas com objetivos bem escritos, vindos de propostas prontas, encontram maiores dificuldades em alcançar tais objetivos, por várias razões. Uma delas é porque os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem não participaram de sua construção, por desconhecerem as necessidades, as contradições vividas pela comunidade. Outra razão é porque não sabem que questões são significativas para aquela localidade e não programam suas aulas em discussões coletivas.

Os programas de ensino, no Brasil, se caracterizam por produções em gabinetes em que ao educador cabe apenas o papel de mero executor. O movimento de reorientação curricular, que propõe a interdisciplinaridade no ensino, se opõe a essa prática e acredita que a escola também é local de produção do saber e é o educador quem deve discutir e produzir sua prática pedagógica. Nesse sentido, escola e educadores são convocados a estudarem, discutirem e tomarem decisões para construção coletiva do currículo e dos programas de ensino dentro da ação curricular.

Nos estudos e discussões envolvidos na elaboração da proposta desenvolvida em São Paulo, fica claro entre os participantes que não se quer mais uma escola que se isola entre as quatro paredes do prédio, que se diz teoricamente colocada a serviço da população, formando cidadãos críticos, mas que sequer conhece a realidade da comunidade na qual está inserida. Uma escola que recebe propostas pedagógicas prontas, não discute, só executa e apresenta os conteúdos compartimentalizados, linearmente propostos nos livros didáticos, que por conseqüência leva a perda de motivação de quem ensina e de quem está para aprender. Negando-se a aceitar essa realidade, os idealizadores do projeto apontam para a construção de uma escola participativa, que considera o sujeito que ensina e que aprende como um ser pensante e a comunidade escolar como razão de sua existência. Uma escola que considera o educador como sujeito de sua ação, que reflete e altera programas e métodos de ensino (SÃO PAULO, caderno 01, 1990).

Toda inovação no campo educacional representa tarefa difícil, gera conflitos, desconfortos, resistências, e esta também enfrentou muitos desafios. Um dos que se apresentou de forma constante foi: quem e como fazer a seleção da cultura, a escolha dos elementos constituintes do currículo escolar? (DELIZOICOV e ZANETIC, 1993. p. 9-15).

Nesse sentido, quando se pensa a escola como instituição participativa e autônoma em relação a decisões que dizem respeito ao seu pensar e fazer pedagógico, deve-se permitir extrapolar os limites da grade curricular e avançar em discussões sobre o quê, por quê, como e para quê ensinar determinados objetos de conhecimento, que se referem aqui a conteúdos, conceitos e temáticas do ensino de biologia. Por conta disso, esse Movimento de Reorientação Curricular e os PCNEMs deixam claro que numa reforma educacional,

*“(...)sempre será necessário fazer uma seleção cultural de áreas do conhecimento e de temas que serão parte integrante dos currículos escolares, incluindo aqui conhecimentos e temas contemporâneos sequer abordados por manuais didáticos e raramente previstos em rol de conteúdos programáticos escolares, mas fundamentais para a formação de crianças e adolescentes que presenciam os problemas da atualidade e viverão no século XXI” (DELIZOICOV e ZANETIC, 1993, p. 10).*

Os participantes dessa proposta se posicionaram como preocupados não em formar futuros cientistas, mas sim, cidadãos que da ciência poderão se servir no exercício de sua profissão e cidadania. Outro aspecto importante dessa proposta refere-se à apresentação dos conteúdos e conceitos, que ocorre no sentido de apresentar as relações e funções, mesmo correndo o risco de prejudicar aspectos como definição, nomenclaturas e regras, tão valorizados nos manuais e nas salas de aula do primeiro grau. O que eles priorizam não é o que é tal conteúdo, mas o que se pode fazer com ele. Um modelo de ensino-aprendizagem na concepção da educação problematizadora não menospreza o conteúdo, muito pelo contrário. Essa educação preocupa-se com a compreensão e interpretação da realidade e para isso se faz necessária à aquisição do conhecimento científico, entre outros saberes. O que ocorre é uma seleção crítica de conteúdos.

Portanto, o ponto fundamental dessa proposta é, na primeira etapa, buscar conhecer a realidade local fazendo um estudo preliminar da localidade<sup>22</sup>, onde a escola está inserida, como alternativa para a construção curricular. A partir desse conhecimento são apontadas as situações significativas para os membros participativos da comunidade, para os professores e estudantes, o que levará à segunda etapa da proposta, a escolha dos temas geradores. Estes temas, por sua

---

<sup>22</sup> Estudo preliminar da localidade = um mergulho crítico no cotidiano da escola e da comunidade, seus problemas, dúvidas, contradições, anseios, necessidades, etc... Maiores detalhes das três etapas dessa proposta podem ser encontradas no Caderno de Formação 01, Prefeitura Municipal de São Paulo, 1990.

vez, indicam quais conteúdos são pertinentes na visão de cada área do conhecimento, para a construção do programa de ensino (terceira etapa) que será feito no coletivo pelos educadores da escola. São pertinentes também nessa proposta: a estrutura do pensamento do educando, orientada por uma teoria de construção do conhecimento (que leve em conta fatores cognitivos, afetivos e sociais), e a visão de cada área numa perspectiva de educação libertadora que privilegie a metodologia dialógica.

Numa proposta que parte da realidade local como fator principal na programação de ensino e escolha dos conteúdos, o conhecimento é entendido como ferramenta para a compreensão desta mesma realidade. Uma programação segundo essa proposta se dá em três momentos:

1º momento – com os temas geradores escolhidos, os professores percebem as relações entre os temas, relacionam conteúdos, agrupam por áreas, desdobrando estes em outros.

2º momento – faz-se uma análise por área na perspectiva inter-áreas, para perceber as articulações entre conteúdos.

3º momento – por fim, os conteúdos são seriados e definidos com que profundidade eles deverão ser abordados em cada série. Essa análise de conteúdos será também cruzada com o levantamento de situações significativas apontadas pelas diferentes faixas etárias.

As análises dos três momentos apresentados acima constituirão a base para a construção do programa de ensino a ser composto e recomposto ao longo de cada ano, pela equipe pedagógica da escola, num processo contínuo e coletivo de reflexões sobre a própria prática. A avaliação numa perspectiva de ação interdisciplinar é discutida nessa proposta sob três aspectos:

a)funções da avaliação no processo ensino-aprendizagem, numa perspectiva democrática;

b)procedimentos de registro e acesso às informações;

c)construção de um sistema de avaliação que realmente discuta este procedimento sob a perspectiva de mudança de postura, que crie instrumentos coerentes com a prática metodológica com oportunidades de igualdades a todos e que permita trabalhar com a análise do erro, entre outros aspectos.

Durante os anos de elaboração dessa proposta de reorientação curricular foi produzido um documento denominado “Visão da Área”, entendida como a

concepção de área e como ela se apresenta no currículo. Em 1992, o documento da visão de área de Ciências Naturais<sup>23</sup> foi encaminhado para as escolas e apresentou os seguintes objetivos: ampliar a discussão sobre o ensino de ciências naturais nas escolas e propor parâmetros para a construção de programas pelos educadores.

Alguns relatos das experiências do grupo do Movimento de Reorientação Curricular encontram-se no caderno “Relato de Práticas 5/8” (SÃO PAULO, caderno 6, 1992b). As situações explicitadas neste documento são resultado de inúmeros encontros, discussões, produções e análises coletivas de uma equipe multidisciplinar. A intenção dos autores, ao produzirem este material, foi de divulgar algumas experiências que auxiliam os professores a traçarem seus próprios caminhos e não de fornecer algum tipo de caderno de receitas.

#### **IV. 2 – Proposta de Educação Problematizadora no Ensino de Biologia, nas Limitações Impostas pelo Sistema Disciplinar.**

Temos a intenção de, com algumas adaptações, pensar e elaborar um programa de ensino na linha da abordagem temática, partindo da etapa de redução temática. As etapas anteriores da investigação temática, codificação-problematização-descodificação, que levaram à escolha do tema clonagem, corresponderão aqui à experiência prévia da pesquisadora com seus estudantes e ao processo de coleta de dados, descrito no capítulo III.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), sugerem o uso dos conceitos unificadores<sup>24</sup> na construção de programas de ensino, como uma das ferramentas úteis para o enfrentamento das tensões entre fragmentos e totalidades do conhecimento elaborado. Estes conceitos unificadores são utilizados porque podem ser referência para seleção de conteúdos, oferecem possibilidades de desenvolver a abordagem temática e possibilitam a compreensão dos processos de construção da ciência. Permitem ainda o tratamento de questões contemporâneas que raramente se apresentam nos currículos escolares. Os documentos de reorientação curricular

---

<sup>23</sup> Documento de visão de área de ciências naturais – está estruturado em três partes: I Reflexões sobre a história do ensino de ciências naturais; II Concepção de área e III Estrutura da área. Documento 5. Prefeitura Municipal de São Paulo. 1992.

<sup>24</sup> Conceitos unificadores – instrumento para compreensão de como o conhecimento científico em ciências naturais se estrutura. Ver Movimento de Reorientação Curricular, documento 5. Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria Municipal de Educação. São Paulo, 1992.

afirmam que alguns problemas de aprofundamento, complexidade e recortes quanto aos conteúdos escolares em aulas de ciências precisam ser analisados para garantir que também no contexto escolar especialização e interdisciplinaridade relacionem-se dialeticamente na interpretação da realidade.

Não é nossa intenção aprofundar a discussão em relação a conceitos unificadores, mas fazer uso destas ferramentas em nossa programação de ensino como um fio condutor do programa.

*“Os conceitos unificadores auxiliam professores e estudantes porque balizam o diálogo, a partir da realidade local, introduzindo seguramente a apreensão de estruturas básicas do pensamento científico sem para isso definir listas de informações específicas, possibilitando o trânsito por conhecimentos não tradicionalmente tratados na escola e novos recortes, mais significativos, dos já tratados” (SÃO PAULO, caderno 5, 1992, p.16).*

Os conceitos unificadores criados inicialmente para evidenciar a estrutura das disciplinas de Física e Química são: transformações, regularidades, energia e escala, apresentados em ordem crescente de sua complexidade para que se tenha um entendimento do seu uso em determinados estágios de desenvolvimento cognitivo. Posteriormente foram acrescidos para a compreensão do aspecto vivo das ciências Biológicas os seguintes conceitos unificadores: regulações e equilíbrios, evoluções e revoluções. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), os conceitos unificadores são indicados como ponto de partida para a compreensão das situações e dos fenômenos estudados, auxiliando de um lado na apropriação da estruturação do conhecimento científico e de outro, na abordagem metódica e sistemática da análise dos fatos. Estes autores citam Zylbersztajn (1983), para afirmar que do campo epistemológico ao pedagógico, pode-se localizar espaços intermediários de transição do conhecimento em Ciências Naturais entre as várias ciências (ciências do cientista, ciência dos estudantes, ciência dos currículos, ciência dos professores...). São os conceitos unificadores que podem aproximar essas várias ciências, mantendo os níveis de cognição preservados e o vínculo entre cientistas, professores e currículos, para que se estabeleçam diálogos com os estudantes.

A questão dos conteúdos e da relação destes com o cotidiano e com os últimos avanços na ciência é preocupação de muitos outros pesquisadores, em outras linhas de pesquisa. Uma delas, Pierson (1997), que discute O Ensino de Física no Cotidiano, relata que uma das preocupações comuns a estas linhas de

pesquisas é a revitalização dos conteúdos. Trata-se de uma forma de olhar o ensino como um todo, atrelado a várias áreas do conhecimento, pedagógico, epistemológico, econômico, social. *“Uma educação sempre em movimento”* (PIERSON, 1997, p. IV-150). Pierson relata que estas preocupações e objetivos em relacionar o ensino com o cotidiano têm o pensamento de Paulo Freire como referência em todos os momentos que pretende a construção de um conhecimento emancipatório e conscientizador.

*“ (...) o pensamento de Paulo Freire, (...) mostra-se não apenas enquanto o pensamento de um educador, mas a visão de mundo de um epistemólogo que, mesmo nunca tendo reconhecido-se como tal, não deixa de fornecer elementos sobre os quais pode-se fundamentar uma visão de conhecimento baseada na dialogicidade e problematização, pressupostos indispensáveis para a construção de um conhecimento emancipatório, conscientizador”* (PIERSON, 1997, p.IV-152).

Até o momento, relativamente poucos trabalhos têm explorado propostas de ensino na linha de abordagem temática. Pierson (1997) investigou a presença de distintas idéias de cotidiano em pesquisas no Ensino de Física, encontrou essas idéias especialmente nas linhas de pesquisa em Abordagem Temática e Pesquisas em Concepções Espontâneas. A autora citou como referência nesta área, o grupo coordenado por Luís Carlos de Menezes, que formaram posteriormente o grupo denominado “Reelaboração de Conteúdo e Formação de Professores”, vinculado ao Departamento de Física Experimental do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, em colaboração com Demétrio Delizoicov e José André Angotti, da Universidade Federal de Santa Catarina, bem como Marta Maria Castanho A. Pernambuco da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Nós acrescentamos o grupo de Antônio Fernando Gouvêa da Silva, como representativo nas discussões em Abordagem Temática. A partir de nossa revisão bibliográfica consideramos estes pesquisadores como principais referências na linha de pesquisa em abordagem temática para o ensino de ciências nos níveis fundamental e médio.

Berbel (1999) propõe uma outra metodologia como forma de adaptação para a Educação Problematizadora de Freire. *“Sabemos que existe um corpo de conhecimentos, de idéias, de princípios da educação problematizadora que devem ser realizados através de um caminho, de um método, e com certeza, um deles é a Metodologia da Problematização”* (BERBEL, 1999, p. 26).

A Metodologia da problematização, proposta e utilizada por Berbel na

Universidade Estadual de Londrina, utiliza o Método do Arco, proposto por Charles Margueres (BERBEL, 1999). O arco tem como ponto de partida a realidade vivida. O tema a ser tratado surge do que está acontecendo na vida real dos envolvidos no processo. Pode ser eleito um tema ou problema para ser trabalhado com a turma ou vários temas para serem trabalhados em grupos. A metodologia ocorre em cinco etapas. Na primeira os estudantes são levados a fazerem observações da realidade para elegerem o que será investigado. Na segunda, depois de definido o problema de estudo inicia-se a busca das causas do problema. Na terceira etapa ocorre a teorização do problema, busca de informação e estudos. Na quarta etapa os estudantes apresentam e confrontam hipóteses de solução para o problema. Por fim, na quinta etapa, o estudante volta-se à realidade com ações para intervir buscando transformá-la.

O arco de Magueres é mais um caminho metodológico para o ensino na perspectiva de experimentar, na prática, princípios de uma Pedagogia Problematizadora.

*“A Metodologia da problematização, portanto, parte de uma crítica do ensino tradicional e propõe um tipo de ensino cujas características principais são a problematização da realidade e a busca de soluções de problemas detectados, possibilitando assim o desenvolvimento do raciocínio crítico do estudante” (BERBEL, 1999, p. 35).*

A proposta interdisciplinar de Paulo Freire, que norteia todas estas linhas de pesquisa e também a nossa, tem início com a investigação temática<sup>25</sup>, quando os professores conversam com a população da escola e com a comunidade, fazem visitas aos moradores, ao comércio local, aos postos de saúde e à igreja, entrevistando as pessoas para obter as informações necessárias que determinam o tema gerador e as questões geradoras.

Nossa proposta de programação de ensino em biologia, com ênfase em genética, em função do tema clonagem, não propõe mobilizar toda a comunidade, como foi explicitado anteriormente. Não se trata de uma mudança na instituição de ensino, mas uma mudança considerando as limitações do sistema disciplinar. Sendo assim, não podemos dizer que é uma aplicação da proposta freiriana de ensino, mas sim, uma adaptação baseada nos princípios conceituais da educação

---

<sup>25</sup> Investigação temática é a pesquisa realizada em conjunto pelo educador e comunidade sobre a realidade que os cerca e a experiência de vida do aluno. Através dela, o professor de ciências, ou equipe de professores, pode identificar os fenômenos ou situações de maior relevância na vida sócio-cultural e econômica da população envolvida. (DELIZOICOV, 1982.)

problematizadora de Paulo Freire, mantendo alguns pressupostos como dialogicidade, problematização, redução temática e aprendizagem significativa. Nossa intenção é a de fazer com que os estudantes sejam educandos-educadores em todos os momentos do processo ensino e aprendizagem.

Sabendo que a abordagem temática pressupõe interdisciplinaridade, procuramos nos aproximar o máximo possível dos limites de uma disciplina. Levamos em consideração, como estudo da realidade, nosso conhecimento do perfil da comunidade onde a escola está inserida, a vivência com os estudantes, refletida nas observações acumuladas e nos posicionamentos obtidos no ambiente escolar, bem como fora dele. Consideramos, portanto, os estudantes como “representantes do povo”. Sendo assim, nosso estudante será educando porque através da ação educativa problematizadora irá apreender os aspectos ainda não decifrados da realidade por ele vivida e será também educador na medida em que através do diálogo, descreve e relata para o professor elementos dessa realidade para que juntos possam compreendê-la. O desafio posto é transformar o processo de ensino no sentido de fazer com que a educação deixe de ser realizada para o educando como na educação bancária e passe a ser realizada com o educando na educação problematizadora.

Segundo Delizoicov (1982), o fato de o professor pertencer à sociedade onde a escola está instalada, tendo assim um conhecimento dos aspectos sociais, políticos e econômicos daquela localidade, não o autoriza a, pelo prisma da educação problematizadora, determinar os temas geradores, a partir de sua análise. Desta forma não estaremos apresentando a clonagem como tema gerador, mas sim como temática significativa, uma aproximação do que Freire denominou de ‘codificações de investigação’. *“Freire também prevê esta situação e faz a seguinte sugestão: Com um mínimo de conhecimento da realidade, podem os educadores escolher alguns temas básicos que funcionariam como codificações de investigação”* (DELIZOICOV, 1982, p. 181).

A clonagem pode funcionar como tema introdutório do programa e a investigação temática continuaria sendo realizada em todos os momentos de sala de aula, num processo de transformação do conhecimento por rupturas entre o que Snyders (1988) chama de cultura primeira do estudante e cultura elaborada. Nessa perspectiva pretendemos que a clonagem e todos os conhecimentos científicos relacionados a ela sejam a cultura elaborada que, em processo de ruptura com a

cultura primeira do estudante (senso comum), seja apropriada por ele. O estudante convive e interage com fenômenos que são os objetos de estudo da ciência, muito além do que aprende na escola e isso desautoriza a aplicação de um ensino onde a compreensão ou aceitação dos fenômenos pelo estudante ocorra por modelos e teorias científicas tácitas. *“O conteúdo não poderá ser simplesmente acadêmico, livresco ou para aumentar a erudição; caso contrário, a educação em ciências, além de reprodutora e repetidora será passiva e estanque”* (DELIZOICOV, 1982, p.11).

No nosso entendimento o tema clonagem como conhecimento científico pode ser trabalhado na educação escolar de forma historicamente contextualizada, permitindo interpretar questões do mundo físico e social numa dinâmica de atuação sobre a realidade. A clonagem constitui-se em conhecimento publicado e disseminado, portanto, passível de ser aceito, rejeitado, reformulado, refutado e abandonado, se for o caso, quando considerado para compreensão da realidade vivida. *“São conhecimentos assim caracterizados, mas nem sempre assim compreendidos ou abordados no processo educativo, que balizam os conteúdos programáticos escolares”* (DELIZOICOV, 2002, p.187).

Um ensino voltado para compreensão e busca de soluções das questões do cotidiano precisa estar bem fundamentado e planejado, como coloca Delizoicov, ser diretivo e norteador, para não cair no espontaneísmo que leva ao esvaziamento do conteúdo, caracterizado por iniciativas como: “O que vocês pretendem estudar hoje?” A realidade que cerca o estudante é trazida e discutida em sala de aula, não simplesmente para motivar ou iniciar um tópico do programa. A finalidade é a própria discussão dessa realidade e sua compreensão para contribuir com os processos de transformação desta sociedade (DELIZOICOV, 1982).

Tendo a clonagem como “codificação de investigação”, nossa estratégia será a de elaborar questões geradoras da área de ciências a partir de uma situação significativa envolvendo o tema. Ao procurarmos responder as questões estaremos nos remetendo à compreensão do fenômeno e elencando dados para organizar a seqüência programática, com a seguinte questão em mente: Como, na perspectiva de uma educação dialógica e problematizadora, podemos garantir a apreensão do significado e interpretação do tema por parte dos estudantes e professores?

O tema proposto deve permitir que a estruturação curricular inclua situações significativas, que levem estudante e professor a um nível de interação dialógica, nos sentidos: estudante-estudante, estudante-professor. Uma conceituação

pertencente ao domínio da ciência não pode ser ainda dialogada quando restrita apenas ao domínio de um dos locutores, quando não apropriada ainda pelo estudante. Assim,

*“(...)a abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático, quer da aprendizagem dos estudantes, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador” (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p. 194).*

Dessa forma, respondendo à questão formulada anteriormente, pretendemos garantir a apreensão do significado e interpretação do tema por estudantes e professores através do processo de codificação-problematização-descodificação, proposto por Paulo Freire, que estrutura a dinâmica da interação em sala de aula. Para Freire o conhecimento surge no enfrentamento da resolução de problemas e ao pensarmos a questão problema, devemos partir do que é familiar ao estudante para que ele possa participar do diálogo.

Segundo Freire (2003), os pronunciamentos do educando relativos a sua cultura primeira refletem o seu nível de consciência, ou seja, o que entende sobre a situação apresentada. O processo de codificação-problematização-descodificação tem como meta proporcionar subsídios para o enfrentamento e superação desse nível de consciência permeado por rupturas. Nesse aspecto é que entra o papel do conhecimento científico ou cultura elaborada associada à dinâmica didático-pedagógica. Por isso os conhecimentos científicos são ferramentas usadas como meios e não como fim como é visto na educação bancária. Delizoicov (2001) explica abaixo o que ocorre durante o processo de codificação-problematização-descodificação:

*“O que se pretende com tal processo é: primeiro a apreensão do educador do significado atribuído pelo estudante às situações, como uma interpretação oriunda da imersão do educando nas suas relações cotidianas, de modo que possa ser problematizada sistematicamente. Segundo, a apreensão pelo estudante, via problematização, de uma interpretação, oriunda de conhecimentos universais, que será introduzida pelo professor no processo de problematização e que já foi previamente planejada e estruturada em unidades de ensino” (DELIZOICOV, 2001, p. 141).*

A problematização é vista como característica fundamental para a produção e

apropriação de conhecimentos, fato compartilhado por Freire e Bachelard, que sinalizam que se deve levar em conta, na programação e planejamento didático-pedagógico, duas categorias de conhecimento: o científico e o senso comum. Esses aspectos reforçam nossa intenção de articular alguns dos fundamentos educacionais freirianos e epistemológicos bachelardianos como referência em nossa pesquisa.

Adotamos como estratégia para estabelecer uma dinâmica didático-pedagógica, que visa contemplar os aspectos já mencionados, a iniciativa educacional metodológica dos Momentos Pedagógicos<sup>26</sup>: Problematização inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento. Os três momentos pedagógicos auxiliam a programação de ensino, podendo ser tratados como momentos pedagógicos da programação, oportunizando a problematização dos conhecimentos, tanto daqueles que partem dos estudantes como aqueles que são universais sistematizados. Auxiliam também a construção de rede conceitual ou mapa conceitual para permitir visão global e estruturada do tema sendo, portanto, referência nas articulações das ações na sala de aula (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002).

Ao pensarmos na elaboração deste programa de ensino, tínhamos duas preocupações. Uma delas estava em organizar a redução temática de uma forma que os conteúdos não fossem muito diferentes daqueles dos programas oficiais de ensino, mas que a grande diferença estivesse nos meios de interações entre eles. A outra preocupação era a de sinalizar caminhos para a avaliação dentro de uma proposta onde a dialogicidade e a intervenção transformadora são pressupostos básicos no processo. De acordo com Delizoicov (1982), um estudo desta natureza só faz sentido se o conjunto do projeto for avaliado. No ensino tradicional, isso não ocorre, pois apenas o desempenho escolar é avaliado. Nas experiências vividas pelo autor ele destaca que os professores que passaram pelo curso de implantação desta proposta se manifestaram favoráveis, argumentando que houve considerado empenho dos estudantes, alto grau de motivação e participação ativa nos experimentos e discussões coletivas, com alto índice de aprovação na conclusão do período letivo.

Partimos do pressuposto que nossos estudantes são os representantes do povo, da nossa comunidade, pelo que já expusemos na seção anterior e nos

---

<sup>26</sup> Momentos Pedagógicos – maiores detalhes no caderno documento 5 do Movimento de reorientação Curricular. Prefeitura Municipal de São Paulo. 1992.

propusemos a pensar uma proposta de ensino que não se limite ao espaço geográfico escolar, mas que se dissemine através dos nossos estudantes na aplicação dos novos saberes em seu cotidiano. Para tanto, decidimos estruturar a redução temática a partir das falas dos nossos estudantes quando convidados a se posicionarem frente à temática em questão, clonagem, no momento da coleta de dados desta pesquisa. De acordo com Gouvêa da Silva (2004, p.392), para selecionar falas da comunidade que sejam significativas devemos considerar alguns critérios, entre outros:

- Devem ser selecionadas falas que expressem visões de mundo, ou seja, descrições da realidade local não são suficientes. Devem ser falas explicativas, propositivas e abrangentes, que extrapolem a simples constatação ou descrição da realidade local – e não situações restritas a uma pessoa ou à família - que expressem opinião e envolvam de algum modo as situações reais vivenciadas pela coletividade;
- As falas precisam expressar problemas e necessidades, possibilitando perceber o conflito cultural, a contradição social, caracterizando situações significativas do ponto de vista da(s) comunidade(s) investigada(s);
- Geralmente o limite explicativo aparece de forma explícita e pragmática no discurso da comunidade, entretanto, quando marcada pela baixa auto-estima, pode estar implícita em muitas situações e discursos, em diferentes formas de expressão;

Selecionamos algumas falas que, ao nosso ver, se relacionam com estes critérios e foram norteadoras na elaboração da redução temática:

(B11) - *“Essas técnicas só são aproveitadas pelos ricos. A população geral nem sequer terá chance. Só se for no programa do Ratinho”.*

(B27) - *“Nasceu igual, então acredito que precisa usar todas as células”.*

(B9) – *“Pois foi algo que chamou a atenção, quando eles clonaram aquela ovelha e também aquela criança, mas o mais interessante foi que as duas coisas que foram clonadas, não sobreviveram muito. E aí eu soube pela televisão, jornal. Pois o homem quer ser Deus”.*

Esta proposta visa a aplicação com estudantes do 1º ano do ensino médio, uma vez que eles já apresentam um estágio de desenvolvimento cognitivo que lhes permite exercitar o pensar, analisar, deduzir e abstrair conhecimentos oriundos da ciência contemporânea. Num programa tradicional de ensino, são desenvolvidos em

linhas gerais os seguintes conteúdos: origem da vida, características dos seres vivos, composição química das células, estrutura celular, divisão celular, reprodução dos seres vivos, embriologia, histologia. Em alguns sistemas de ensino, especialmente os apostilados, além dos conteúdos já citados também há noções de genética. Seguem praticamente a ordem aqui apresentada numa seqüência linear de conceitos científicos.

Optamos por organizar nosso programa de ensino para o primeiro ano do ensino médio por meio de uma redução temática (figura 1) apresentando o tema clonagem inserido nas falas dos estudantes pesquisados, como já foi explicado, articulando o tema a teorias, conceitos científicos e outras temáticas da área, bem como a conceitos e conteúdos programáticos que julgamos necessários à compreensão do tema pelos estudantes.

Gouvêa da Silva, apud Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002, p. 312-327), apresenta o tema AIDS na estruturação de uma Redução Temática. Num planejamento detalhado em seis tópicos, apresenta o recorte programático da área e em cada um deles a organização do programa de ensino por meio dos três momentos pedagógicos.

O que realizamos nesta dissertação é uma adaptação das idéias de redução temática de Gouvêa da Silva, para a programação de ensino com o tema clonagem (figura 1), e a elaboração de uma seqüência didática como sugestão para desenvolver parte da programação de ensino, no número de aulas a ser definido pelo professor. Procuramos também visualizar esta programação de ensino em um esquema (figura 2) de relações entre conceitos.

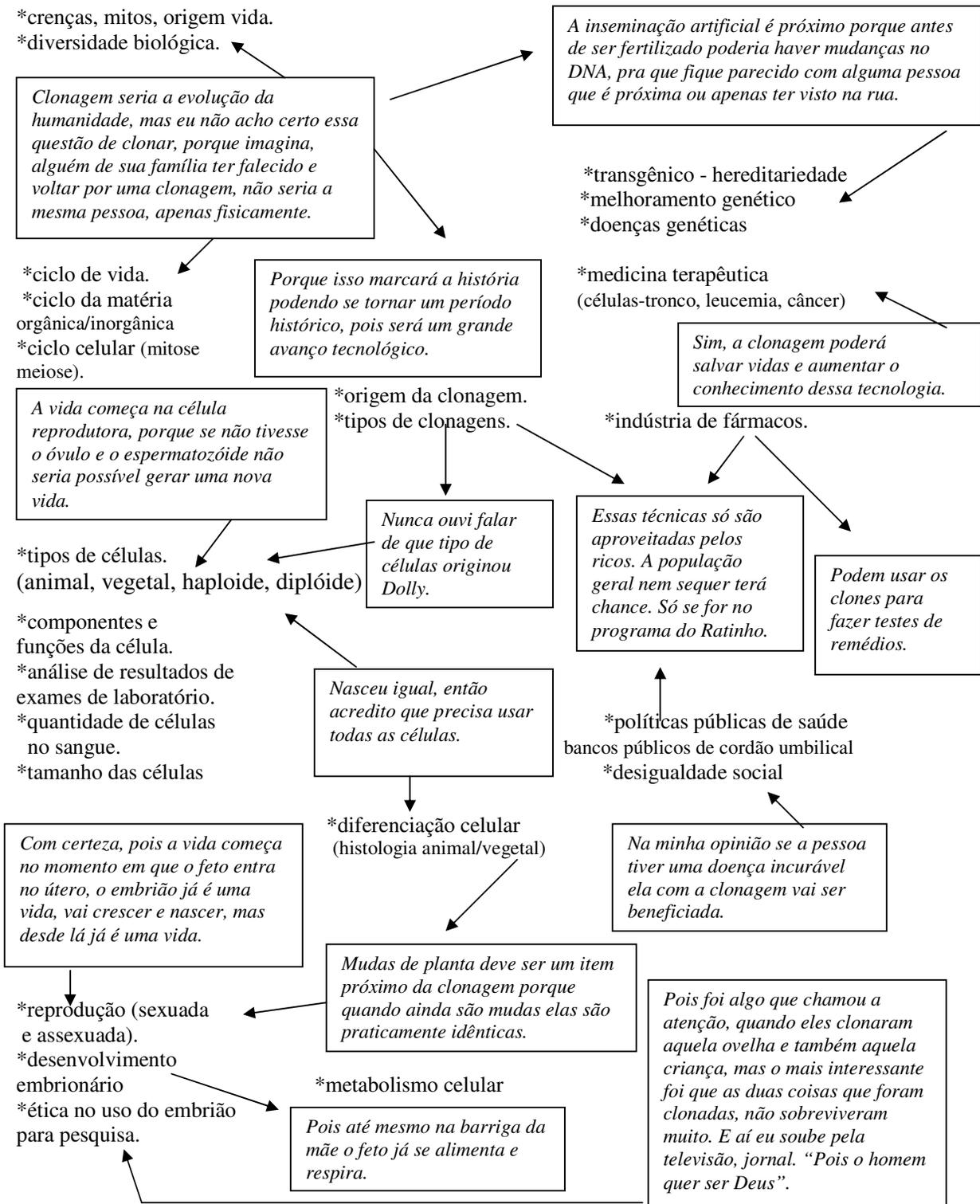


Figura.1–REDUÇÃO TEMÁTICA (adaptada de Gouvêa apud Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002, p.312).  
 Obs: Os textos em itálico são transcrições de falas dos estudantes pesquisados. Os precedidos de asterisco são conteúdos que podem ser trabalhados.

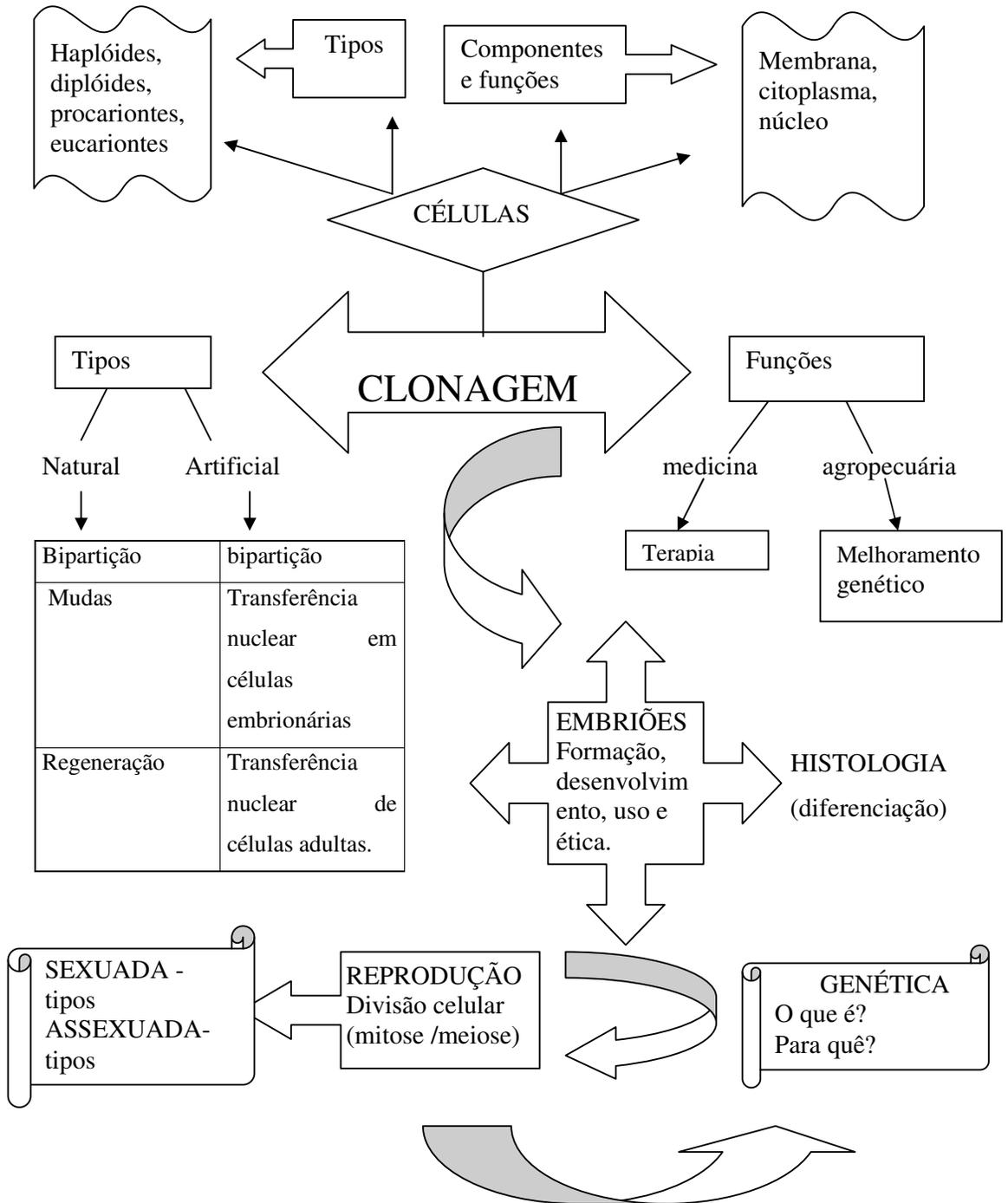


Figura 2 – Esquema de Relações entre Conceitos como visão estruturada do tema.

## **IV. 2. 1 – Exemplo de uma seqüência didática que pode ser elaborada a partir da Situação Significativa Apresentada.**

A clonagem se codificou como situação de contradição na coleta de dados da pesquisa, porque interfere nas diferentes visões, percepções e anseios dos estudantes quanto a questões técnicas e éticas, mesmo tratando-se de um contexto escolar onde o conhecimento científico se apresentou em caráter de informação. Pensamos então em apresentar uma seqüência didática, como sugestão de tratamento de conteúdos e conceitos de biologia, articulados ao tema clonagem, como exercício para praticar parte da programação de ensino de nossa redução temática.

Iniciamos por meio de uma situação que caracterizamos como significativa, porque foi extraída da realidade do estudante, ao conhecer atores de programas que assistem na televisão e por tratar de saúde humana que, como mencionamos no capítulo III, é relevante para os estudantes. Além disso, ela envolve conceitos de células-tronco, clonagem terapêutica, biotecnologias atuais, relacionadas com a clonagem, que sensibilizam os envolvidos na discussão e abrem um leque de oportunidades para explorar aspectos técnicos, éticos, sociais e econômicos a respeito do tema. Finalmente, permite transitar entre diferentes áreas da biologia como: citologia, genética, reprodução, embriologia e histologia.

### **IV. 2.1.1 – Situação Significativa.**

*Situação - “O ator de cinema americano Christopher Reeve, conhecido também no Brasil, porque interpretou Super-homem, nos filmes americanos, tornou-se tetraplégico em conseqüência de um acidente. Enquanto viveu esteve à frente de campanhas em favor da liberação das pesquisas com células-tronco embrionárias”.*

*Problematização - Que motivações teria o ator ao engajar-se em tais movimentos? As pesquisas com células-tronco podem beneficiar pessoas como ele? Qual é a finalidade das pesquisas com células-tronco? Por que algumas pessoas são contrárias a ela? Elas têm relação com clonagem?*

Temática abordada – clonagem.

Esta situação será a norteadora de toda a programação. Outras questões, como as descritas abaixo, que denominamos de questões geradoras da área, serão adotadas como pontos a serem discutidos durante os momentos pedagógicos. *“Elaborar questões geradoras é dar continuidade a problematização já iniciada. Tem entre outros objetivos: gerar conteúdos que favoreçam desocultar as contradições da realidade implícita na temática, articular os conteúdos propostos, direcionar as respostas para o rumo onde os educadores querem chegar, possibilitar ao estudante operar e interagir com o conhecimento, construindo-o”* (SÃO PAULO, caderno de formação 03, 1991, p. 28).

As questões geradoras, neste caso, são as seguintes:

- A clonagem ocorre naturalmente com os seres vivos?
- Com quais seres vivos ocorre a clonagem?
- Algumas pessoas acreditam que a clonagem permite a ressurreição dos mortos, você concorda com essa afirmação? Por quê?
- Uma criança que nasceu com uma doença genética pode ser tratada ou curada por meio de tecnologias que envolvem clonagem? Por quê?
- Mari sofre muito por ter perdido sua gata de estimação chamada, Mirna, que morreu de acidente. Ela pode voltar a conviver com Mirna se recorrer à técnica da clonagem?
- Meu avô morreu em 1975 de infarto de miocárdio. Poderia ele ter sido curado com tratamento envolvendo a técnica da clonagem? Que fatores devem ser levados em consideração para responder essa questão?

Algumas questões relacionadas com a situação significativa e com as questões geradoras foram formuladas (tabela 1), na intenção de propiciar articulações com alguns dos conceitos unificadores. Os conceitos unificadores são complementares aos temas e carregam para o processo de ensino-aprendizagem a veia epistêmica; articulados às questões geradoras, possibilitam a realização de análises e sínteses, ao elaborar a programação escolar e ao identificar definições, conceitos, modelos e teorias que comporão, também, o rol de conteúdos programáticos escolares. Os conteúdos serão os elementos mediadores entre a realidade e o conhecimento sistematizado, são os recortes do conhecimento sistematizado que articulados constitui-se no esboço do programa da disciplina (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002).

Tabela 1 – CONCEITOS UNIFICADORES articulados a questões de estudo do tema.

<b>CONCEITOS UNIFICADORES</b>	<b>QUESTÕES DA ÁREA</b>
<b>OBJETOS</b>	O que se usa para fazer clonagem?
<b>ESPAÇO/TEMPO</b>	Onde fazem clonagem? Quando fazem clonagem?
<b>ESCALA</b>	As células são de tamanhos diferentes?
<b>TRANSFORMAÇÃO</b> (o que ocorre na estrutura celular)	O que ocorre dentro das células durante a clonagem? Como fazem a clonagem? Para quê fazem clonagem?
<b>ENERGIA</b> (agente de transformação molecular)	Ocorre perda ou ganho de substâncias quando a célula passa pelo processo de clonagem?
<b>REGULAÇÕES/EQUILÍBRIO</b> (relação forma e função – limite de crescimento e de multiplicação da célula)	Uma célula pode crescer infinitamente? Uma célula pode multiplicar-se infinitamente? Que problemas as células podem causar quando se multiplicam sem parar?
<b>EVOLUÇÃO/REVOLUÇÃO</b> (conhecimento contemporâneo que ultrapassa o que já foi estudado – a impossibilidade de aceitação ou da criação de algumas idéias está ligada historicamente à sua época de produção).	A clonagem pode ser vista no futuro como opção de reprodução humana como é visto hoje o bebê de proveta?

## IV. 2. 1. 2 - Conteúdos a serem trabalhados.

A listagem dos conteúdos abaixo trata de parte dos conteúdos apresentados na redução temática (figura 1), que serão trabalhados no número de aulas necessárias de acordo com o desempenho do professor e da turma, cabe ao professor que adotar essa proposta de ensino adequá-la à sua realidade.

### 1. Clonagem – genética.

- 1.1. Noções básicas de células e de embrião.
- 1.2. Origem (natural/artificial) e tipos de clonagem (bipartição, mudas, regeneração, transferência nuclear em células de embrião, transferência nuclear de células adultas).
- 1.3. Hereditariedade.
- 1.4. Melhoramento genético, inseminação artificial, transgênicos.
- 1.5. Doenças genéticas.
- 1.6. Medicina terapêutica (células-tronco).

Os textos fornecidos em anexo, não necessariamente precisam ser trabalhados na íntegra como material didático para o estudante, pois entendemos que algumas escolas carecem de recursos para fornecer material produzido para o estudante. Selecionamos os textos de modo que possam ser usados diretamente, como textos didáticos, ou como fontes para produção de novos textos pelo professor.

A seqüência didática que propomos inicia com a situação significativa e as questões geradoras sendo apresentadas para os estudantes, pensarem, discutirem entre si e com o professor e registrarem no caderno, tendo assim, um primeiro contato com uma problemática relacionada ao tema. O objetivo é o de possibilitar ao estudante adquirir conhecimentos científicos ainda não apreendidos, que dêem conta de responder com segurança essas e outras questões e permitir que ele interaja com outros na busca de soluções a questionamentos. Sugerimos desenvolver o processo ensino aprendizagem efetivamente por meio da **metodologia dos três momentos pedagógicos**. O primeiro deles, estudo da realidade já tem início a partir deste momento.

**No primeiro momento**, denominado também de problematização inicial ou ER (estudo da realidade), são propostos aos estudantes alguns questionamentos

para discussão, que além de motivar possibilitam fazer relações entre conteúdo e situações vividas pelos estudantes. Como ponto de partida dos estudos as questões poderiam ser do tipo: Por que algumas quedas fazem com que umas pessoas não possam mais caminhar e outras possam? Todas as partes externas do corpo humano voltam ao normal quando este se recupera de um acidente ou queimadura? O que ocorre no corpo humano durante a cicatrização? Como alimentos e remédios podem contribuir com a cicatrização? Se uma pessoa perder parte de músculo ou pele em seu corpo, pode receber por transplantes estes tecidos ou órgãos de outras pessoas? A técnica da clonagem pode auxiliar o tratamento de pessoas que sofrem qualquer tipo de acidente?

Depois de discutidas, as respostas são selecionadas no coletivo como as que melhor respondem as questões e por fim são registradas no caderno dos estudantes e no plano do professor.

Os conceitos unificadores primitivos: objeto, espaço e tempo, permitem situar o estudante no contexto do estudo da temática, possibilita o pensar, o perceber que o fenômeno clonagem pode parecer distante, no entanto não o é tanto assim. O conceito de transformação considerado como um evento, um fenômeno ou uma situação concreta que altera as condições do objeto em estudo no espaço e no tempo, pode ser visto aqui como instrumento que permite compreender as transformações ocorridas nas células, como no caso de alimentos ou medicamentos resultantes de organismos geneticamente modificados.

Durante todo o processo de programação de ensino e prática de sala de aula é importante ressaltar que duas categorias do conhecimento: o senso comum e o conhecimento científico são considerados todo o tempo. Por conta disso, essa etapa inicial dos três momentos pedagógicos é considerada tanto ou mais que as outras etapas como momento da fala do outro, (FREIRE, 2003), em que ao professor cabe ouvir, questionar, entender e desequilibrar os participantes durante o tempo em que estes estão discutindo em pequenos grupos e tentando responder as questões apresentadas para posterior debate coletivo. *“O ensino de Ciências Naturais e sua aprendizagem serão sempre balizados pelo fato de que os sujeitos já dispõem de conhecimentos prévios a respeito do objeto de ensino”* (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002, p. 131).

O professor tendo acompanhado esse movimento, já tem noções das superações necessárias para propiciar saltos que só poderão ser dados com o

conhecimento científico adquirido. Suas ações, na primeira etapa conduzem os estudantes à segunda etapa, porque fazem emergir um problema, a ser superado na educação, que denominamos de obstáculo da experiência primeira, carregado das limitações do senso comum. Por conta disso o educador organiza atividades que visam possibilitar ao estudante adquirir conhecimentos novos que permitem superar essas limitações, rompendo com saberes estabelecidos que não dão conta de solucionar determinados problemas em determinadas situações.

Neste momento inicia-se a **segunda etapa dos momentos pedagógicos** denominada OC (organização do conhecimento).

Assim como sugerem Gouvêa da Silva e Freire, nós também sugerimos leituras dos textos nesta segunda etapa, OC. Apresentamos alguns textos (anexos 6, 7 e 8) que podem ser utilizados no tratamento das temáticas envolvidas nas questões geradoras.

*“Outro recurso didático, dentro de uma visão problematizadora da educação e não ‘bancária’, seria a leitura e a discussão de artigos de revistas, de jornais, de capítulos de livros. (...) Em seguida, se realizaria o debate em torno do conteúdo da leitura” (FREIRE, 2003, p. 118).*

Conteúdos do texto (anexo 6): noções básicas de célula, genes, células reprodutoras, embrião, clonagem natural, clonagem por transferência nuclear, influência do meio na característica do ser vivo, DNA mitocondrial.

Conteúdos do texto (anexo 7): clonagem de células, reprogramação celular, clonagem de plantas.

Conteúdos do texto (anexo 8): inseminação artificial e clonagem, aspectos técnicos.

Durante o momento OC os estudantes são orientados a fazer leituras buscando analisar as respostas dadas por eles às questões (tabela 1) propostas no início da aula e a registrar novas questões que possivelmente surgirão durante a leitura e discussão em pequenos grupos. Destacam também palavras desconhecidas e não compreendidas no texto para posterior consulta ao dicionário.

**No terceiro momento pedagógico**, denominado AC (aplicação do conhecimento), o professor organiza um grande debate, tendo como tópicos da discussão os itens levantados nas questões (tabela 1), norteando as falas na direção que se quer chegar, ou seja, na direção das questões elaboradas no estudo da realidade e das questões geradoras. Outras questões relacionadas a situações descritas nos textos, podem ser levantadas, como por exemplo: Como gêmeos

podem ter o mesmo material genético se alguns deles são de sexos diferentes? Por quê minha irmã é muito parecida com meu pai e eu com minha mãe se, como diz no texto fomos formados pelos mesmos tipos de células: óvulo e espermatozóide, se *cada célula contém a receita completa desse organismo?* (PEREIRA, 2002, p.9). Questões como essas podem  sinalizar caminhos para novos momentos pedagógicos  porque nos remetem a outro conteúdo, hereditariedade, que não foi contemplado na relação didática descrita.

O professor, no momento da programação ou dos debates, de acordo com os questionamentos dos estudantes, pode sentir a necessidade de convidar profissionais especialistas de outras áreas do conhecimento como, da saúde, da educação, da engenharia, políticos, que julgar necessário para contribuir com a busca de soluções para os problemas a serem enfrentados.

Quando todos os questionamentos forem esgotados, o professor pode exibir um filme que possa ilustrar os assuntos abordados. Como um dos momentos de avaliação, sugerimos a solicitação para que cada grupo escreva uma reportagem relacionada ao tema estudado, com diferentes enfoques (crítica, *charge*, anúncio, denúncia, etc.) para expor em um jornal mural na escola. A equipe pode escolher um recorte de figura sobre o tema para ilustrar a reportagem e atrair o leitor com outras formas de linguagens.

Pelo que podemos perceber, o conhecimento adquirido nesta seqüência didática, muito provavelmente, não dá conta de responder completamente à situação significativa inicial, tampouco, todas as questões geradoras. O professor deve exercitar a proposta de sugerir que os estudantes procurem, na medida do possível, a cada avanço do conhecimento, respondê-las, para que os mesmos percebam a necessidade de ir além, avançar nos estudos, o que abre novas possibilidades de seqüências didáticas.

Apresentaremos agora, como continuação da seqüência didática, uma  nova organização dos momentos pedagógicos , que pode ser utilizada pelo professor em consequência de questões que podem ter surgido. Se surgirem, por exemplo, questões como as seguintes: Gêmeos podem ter o mesmo material genético mesmo se alguns deles são de sexos diferentes? Por quê minha irmã é muito parecida com meu pai e eu com minha mãe se fomos formados pelos mesmos tipos de células: óvulo e espermatozóide?

A **problematização inicial**, primeiro momento pedagógico, pode ser feita desta vez com o conteúdo hereditariedade, com uma atividade que explora a percepção e o senso crítico, através de uma observação de si mesmo e auto-análise conjugando ação-reflexão-ação, onde o estudante, sujeito da própria aprendizagem, observa, examina e registra. Os seguintes questionamentos podem ser feitos:

\*Observe bem você mesmo e descreva quatro características físicas suas que você identifica em seu pai.

\*Agora pense em sua mãe e encontre em você quatro características físicas que você identifica nela.

\*Você identificou um número maior de características suas em seu pai, sua mãe ou seria em seu irmão?

\*Num processo de auto-análise selecione cinco características físicas que você mudaria em si mesmo.

\*As características escolhidas por você podem ser mudadas? Por quê?

\*Você conhece procedimentos que poderiam mudar características em nosso organismo?

O professor como principal porta-voz do conhecimento científico é o mediador do processo de aprendizagem, é ele que proporciona o diálogo que é construído através das falas nas dimensões afetivas e cognitivas de cada um dos participantes. Como organizador das ações solicita o registro das respostas individuais a esses questionamentos do primeiro momento pedagógico, uma vez que contempla observações pessoais e reflexões discutidas com o outro na relação didática. Durante esse período, muitos outros questionamentos irão surgir, o que torna provável que o professor sinta a necessidade de introduzir no segundo momento pedagógico, **os temas dobradiças**, que auxiliam o processo de compreensão do tema maior e como coloca Freire (2003), contém as relações a serem percebidas entre o conteúdo geral da programação e a visão de mundo dos estudantes. A hereditariedade é um tema abrangente, que apresenta vínculos com outros conhecimentos de base para sua compreensão, um deles é a estrutura química molecular do DNA, aqui denominado de tema dobradiça porque trata-se de conteúdo não previsto na programação inicial quando decodificamos as falas dos estudantes na redução temática, mas que preenche o vazio entre compreender a molécula e seu comportamento na manifestação da hereditariedade.

Por ser a programação educativa dialógica, os educadores-educandos têm o direito de participar incluindo temas não sugeridos. A dialogicidade no processo ensino e aprendizagem garante essa interação e possibilita que ajustes sejam feitos na programação de ensino.

**No segundo momento pedagógico**, após a reflexão sobre suas próprias características os estudantes podem ser convidados a assistir e registrar cenas ou situações relevantes a partir de um filme conhecido, que apresente alguma anomalia genética. Em seguida, pode haver um breve momento para discussão do filme e depois leitura dos textos de genética (anexos 9 e 10) e registro de novos questionamentos, como por exemplo: Como melhorar as características genéticas de um indivíduo? Toda doença que uma criança apresenta quando nasce é genética? Essas e outras questões, juntamente com explicações do professor, subsidiarão a discussão, a análise e a introdução do tema dobradiça, mediados por dialogicidade e por problematizações. Durante esses estudos serão retomados os conceitos unificadores: regularidades, transformação e ciclos.

Esse é o momento em que a mediação do professor se faz necessária todo o tempo condicionando os estudantes a superarem, através de rupturas, alguns obstáculos epistemológicos que transitam no processo ensino aprendizagem, como o da experiência primeira, o pragmático, o animista, enfim, momento que exige do professor constante vigilância epistemológica e pedagógica no avanço cognitivo do estudante. Isso ocorre através do que Freire (2003) denomina diálogo tradutor, que implica num processo de obtenção do conhecimento prévio do estudante para trabalhá-lo ao longo do processo educativo, desestruturá-lo para levá-lo através de problematizações à compreensão de novos conhecimentos.

Conteúdos do texto (anexo 9): relatos de interesse da humanidade pela hereditariedade e breve história da genética, número de cromossomos, cariótipo, DNA, elementos e conceitos básicos da genética de Mendel, melhoramento genético e transgênico.

Conteúdos do texto (anexo 10): conceito de vida, pesquisas com células-tronco, potencialidades das células na formação de tumores, clonagem terapêutica.

No **terceiro momento** o professor condiciona a turma a responder as questões que apareceram no primeiro momento.

Na continuação, o professor pode pedir que alguns estudantes apresentem as características escolhidas para mudar em seu corpo e dialoga com a turma se é

possível fazer a mudança e de que forma. Aborda também questões envolvendo melhoramento genético e medicina terapêutica. E mais uma vez, exercita responder as questões significativas e geradoras.

Como sugestão de parte da avaliação para a etapa final deste terceiro momento, o professor pode solicitar um texto produzido em duplas, baseado nos conhecimentos científicos adquiridos, que discutam a afirmação: *Para toda regra existe uma exceção, logo, o dito popular: **filho de peixe, peixinho é**, é uma regra.*

O que estamos propondo aqui são novas formas de organização de práticas educativas que dêem significado ao que será aprendido, porque é preciso saber dizer o por quê, como e para quê ensinamos e aprendemos, o que se quer em nossa sociedade com aquilo que aprendemos. O que buscamos aqui, é uma outra forma de ensinar, que contempla pressupostos epistemológicos e educacionais, no sentido de transformar o professor de agente transmissor de informações prontas e acabadas assumidas como verdadeiras em um mediador, que possibilita a transmissão de valores, motivação, que promova objetivamente o pensar, que desencadeie o processo de construção do conhecimento de forma intencional, sistemática e planejada, potencializando ao máximo a capacidade dos estudantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de conhecimento geral que o mundo passa por um período de grandes transformações que exige das pessoas habilidades e competências para gerir essas mudanças. A escola, de acordo com nosso referencial teórico, pode ser caracterizada como instituição que pouco reflete essas mudanças da vida contemporânea do ponto de vista pedagógico. Difíceis obstáculos persistem no ambiente escolar, como a transmissão de informações desprovidas de contexto, a resolução de exercícios padronizados, as expectativas de estudantes, pais e até educadores que o professor é o agente ativo do processo de ensino e aprendizagem, e o estudante agente passivo, receptor das informações depositadas. Tais expectativas somadas ao ensino descontextualizado resultam em baixo desempenho e interesse, provocam desentendimentos e desânimos em todos os atores do processo. Enquanto pais e estudantes consideram professores “fracos”, sem capacidade, pensam, da mesma forma os professores de seus estudantes. É a escola sem alegria caracterizada por Snyders (1988).

Mudanças nos modelos de ensino e de aprendizagem, aplicadas na sala de aula, certamente necessitam ocorrer. Nós sugerimos, para isto, o uso de metodologias na perspectiva dialógica, onde o conhecimento é construído pelo sujeito na sua relação com os outros e com o meio. Isto significa que o conteúdo trabalhado pelo professor é refletido, reelaborado pelo estudante para se constituir em conhecimento, de modo que não seja apenas incorporado pelo processo da memorização e fragmentação do saber. Em nossa análise percebemos com frequência o reflexo do ensino tradicional nas respostas dadas pelos estudantes ao questionário e às entrevistas, respostas vagas, superficiais, descontextualizadas, pobres de embasamento teórico, sinalizando a presença constante dos obstáculos epistemológicos que analisamos. O conhecimento na sala de aula deve ser apresentado como desafio, cuja solução envolve mobilização de recursos cognitivos, atividades que solicitam do estudante várias habilidades, entre elas o estabelecimento de conexões entre conceitos e conhecimentos tecnológicos da vida contemporânea. Ao dar a oportunidade aos estudantes de olhar o mundo e o seu cotidiano à distância, de questioná-lo, criamos, nele a necessidade de acesso a um novo conhecimento, o sistematizado (PERNAMBUCO, 1993).

Segundo os PCNEM (1999), os objetivos para o ensino médio nas diferentes áreas do conhecimento devem envolver o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo.

A bagagem epistemológica adquirida nos estudos da pós-graduação nos possibilitou obter um novo olhar e perceber o quanto a prática do professor da área de ciências naturais é fortemente influenciada pela visão que tem de educação e ciência. Assim sendo, propostas de inovação e de melhoria na qualidade do ensino passam necessariamente por modificações de cunhos pedagógico e epistemológico. Neste sentido, estudos nos referenciais teóricos citados nesta pesquisa, certamente contribuirão com novas perspectivas educacionais por este viés.

Currículos e planos de ensino não só de biologia, como de outras áreas, devem ser flexíveis. Discussões sobre as origens e evolução dos conhecimentos, ou seja, questões epistemológicas, certamente contribuem para tratar de questões éticas, especialmente vinculadas às temáticas da ciência contemporânea. Essa deficiência no ensino coloca-se como um limite sobre as formas de saber dos estudantes. Possibilitar que o estudante tenha uma visão mais contemporânea do que e como somos, é uma questão de cidadania, porque é com conhecimento atualizado que podemos ser críticos em relação às informações que recebemos todos os dias.

Isto evidencia e torna relevante nossa pesquisa de ensino que se propõe através da abordagem temática, segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), rever o ensino de biologia, estabelecendo critérios de seleção de conteúdos no exercício de elaboração de um programa de ensino que apresenta o conhecimento científico articulado a saberes específicos da área como ferramentas na busca de solução para problemas a serem resolvidos pelos elementos da docência.

O professor que assumir a postura da prática pedagógica problematizadora, deverá aprofundar constantemente seus conhecimentos, para superar deficiências de formação e da falta de estudos sistemáticos tanto da área de sua habilitação, quanto de outras áreas. Deverá também superar obstáculos pedagógicos que os impedem de entender as dificuldades dos estudantes, bem como da estruturação da sua área de ensino que, em muitos momentos, rompe com questões cotidianas e

com a evolução da ciência e tecnologia. Essa é uma das limitações que dificultam a materialização das práticas pedagógicas problematizadoras na sala de aula.

Ter o domínio dos conceitos envolvidos nas teorias científicas e de suas relações com as tecnologias é compromisso do educador do século XXI, mas não basta, pois hoje já é insuficiente para um adequado desempenho docente. É preciso superar ainda o senso comum pedagógico<sup>27</sup>, que tem como pressuposto que a apropriação do conhecimento ocorre por mera transmissão mecânica de informações. A realidade é que essa é a prática que caracteriza o cenário escolar na maioria das escolas brasileiras. As ciências naturais continuam sendo lecionadas com base na simples transmissão de informações, por meio de aulas expositivas, tendo como recursos principais o livro didático e a lousa. O professor detém o conhecimento e os transmite ao estudante que os absorve. É a educação que Freire caracterizou como bancária. Precisamos saber que estudante é esse, reconhecer que ele é o sujeito da aprendizagem, em que realidade ele vive. Para que ocorra interação entre os envolvidos no processo é preciso que se conheçam melhor, reconheçam no outro suas potencialidades e limitações. Ao professor cabe saber que interesses têm os estudantes ao que está sendo proposto como conteúdo a ser aprendido.

O universo da sala de aula representa, em nossa pesquisa, o que o povo representa para Freire na investigação temática, portanto o processo de codificação-problematização-descodificação da temática escolhida para nós, envolve também o pensar deste povo, aqui representado por nossos estudantes. Esse pensar dos estudantes em relação à temática em discussão, clonagem, serviu de elemento no redimensionamento da programação de ensino em biologia proposta no capítulo IV.

O conhecimento prévio dos estudantes pesquisados em relação à clonagem estava restrito, a informações adquiridas pelos meios de comunicação. Entretanto, o fenômeno da clonagem no ensino de biologia revelou-se por esses mesmos estudantes ser relevante, porque permite entre outras coisas que os mesmos conheçam e avaliem o significado das aplicações dos conhecimentos genéticos em situações como: diagnóstico, tratamento e possíveis curas de doenças, identificação de paternidade ou de indivíduos em investigações criminais, alimentos obtidos de

---

<sup>27</sup> Senso comum pedagógico – caracterizado por atividades como regrinhas, classificação, repetição de definições, questões pobres para prontas respostas, uso acrítico e desarticulados de fórmulas e gráficos, enfim atividades de ensino que caracterizam a ciência como um produto acabado e inquestionável. (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERAMBUCO, 2002, p. 32).

organismos geneticamente modificados, entre tantas outras situações do cotidiano. Verificamos também, o quanto estudantes do ensino médio, que apresentam uma capacidade cognitiva avançada em relação aos demais estudantes da educação básica, refletem ainda dificuldades em interpretar, dialogar, interagir com o conhecimento. Não podemos mais permitir que os muros das escolas impeçam o professor de enxergar o movimento do mundo globalizado no qual seus estudantes estão inseridos. Constantemente assistimos nos noticiários, as discussões em plenários legislativos federais sobre o destino da aplicação desta e de outras biotecnologias. De posse destes conhecimentos o indivíduo se torna capaz de assistir, entender e até participar de debates e discussões acerca destes temas que implicam em questionamentos éticos, morais, políticos e econômicos que contribuem na defesa do bem comum (PCNEM +, 2002).

Ao analisarmos a nossa pesquisa e nos reportamos às questões iniciais, que nortearam esta investigação, percebemos que, com os dados obtidos no capítulo III, respondemos a primeira pergunta sobre o que pensam os estudantes sobre clonagem e sobre o ensino deste tema. Os resultados sustentaram nossos pressupostos iniciais quanto a abordagem temática e educação problematizadora e nos encorajaram a viabilizar uma proposta de ensino em biologia na intenção de dar conta de responder nossas duas últimas perguntas desta investigação: Como possibilitar o acesso dos estudantes do ensino médio a novas formas de aprendizagem em biologia, que os auxiliem na resolução de problemas do dia-a-dia e na formação de conceitos em genética e outras áreas da biologia, transcendendo seu universo conceitual? Como tratar o saber em biologia na sala de aula de modo a possibilitar que o estudante aprenda a transitar no seu dia-a-dia, entre conhecimento científico e senso comum, de acordo com cada contexto onde estiver inserido?

Como resposta, apresentamos um caminho que acreditamos possível a quem pretende mudar sua prática, negar a educação bancária e passar a tratar os conteúdos e conceitos de biologia de forma menos fragmentada, numa relação dialógica norteada pela realidade vivida, pela superação dos obstáculos pedagógicos e epistemológicos e pela abordagem de temas atuais e significativos para os envolvidos no processo.

Realizamos o exercício de adaptação da educação problematizadora, para o ensino de biologia, ao propor a organização de um programa de ensino, através da abordagem temática, nos recortes, de uma redução temática. Temos convicção de

que o importante não é apresentar listas de conteúdos imensas e lineares, mas sim, organizar um ensino coerente com a realidade vivida pelo estudante, significativo nas decisões tomadas na vida e dinâmico na mobilização de recursos cognitivos. Não se trata de uma mudança na instituição de ensino, mas uma mudança considerando as limitações do sistema disciplinar, no interior de uma disciplina. Temos a pretensão de que trabalhos posteriores façam uso desta proposta num contexto maior. Este exercício abre precedente para trabalhos futuros na aplicação e análise desta programação em sala de aula, bem como, da articulação desta proposta não somente nos recortes de uma disciplina, mas sim, em parcerias com outras, numa dimensão maior. Só então, poderemos certamente responder à segunda questão de nossa investigação.

## BIBLIOGRAFIA

- ABREU, P. M. Clonagem – Reprodução assexuada – **Aspectos jurídicos e bioéticos**. Disponível em: [www.tj.sc.gov.br/cejur/doutrina/clonagem](http://www.tj.sc.gov.br/cejur/doutrina/clonagem) Acesso em: 20/03/2005.
- ANDRADE, B.L. **O Ensino do Sistema Imunológico: da Metáfora à Analogia da Guerra**. Dissertação de Mestrado, CED, UFSC. 2001.
- ANDRADE, B.L; ZYLBERSZTAJN; A. FERRARI, N. Analogia e Metáforas no Ensino de Ciências à luz da Epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio – Pesquisa, Educação**. Ciências, v. 2. n.2. 2000.(p. 231-245).
- ANGOTTI J.A., DELIZOICOV D. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1994. (coleção magistério 2º grau. Série formação do professor).
- AULER, D. **Interações entre Ciência- Tecnologia- Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. Tese de Doutorado. PPGE. CED. UFSC. Florianópolis. SC.2002.
- AZEVEDO, E. S. Como ter ética na pesquisa com seres humanos sem comprometer o desenvolvimento da ciência? **Jornal da Ciência**, SBPC, 2566, Rio de Janeiro, 19 julho.2004.
- \_\_\_\_\_. Esforços em ética da pesquisa corroídos pelo processo de desinformação em “O Clone”. **Jornal da Ciência**, SBPC, Rio de Janeiro, abril/2002.
- \_\_\_\_\_. **O Direito de Vir a Ser Após o Nascimento**. EDIPUCRS, 2000.
- \_\_\_\_\_. Pesquisas Biomédicas no Brasil. **Jornal da Ciência**, SBPC, Rio de Janeiro, fev/2004.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução Estela dos Santos Abreu. RJ. Contraponto. 1996.
- \_\_\_\_\_. **Filosofia do Novo Espírito Científico. A Filosofia do Não**. Tradução Joaquim José Moura Ramos. 2.ed. Editorial Presença. 1976.
- \_\_\_\_\_. **O Novo Espírito Científico**. Tradução Maurício José Marchevsky. Ed. Tempo Brasileiro. RJ. 1985.
- \_\_\_\_\_. **Epistemologia: trechos escolhidos**. Rio de Janeiro, Zahar, 3 ed. 1983.

- BELLINGHINI, R.H. Mocinha e Bandida: Em tumores, as células-tronco podem ser as grandes vilãs. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano 4, n.39. 2005. (p. 80).
- BERBEL, N.A.N. **Metodologia da Problematização: Fundamentos e Aplicação**. Londrina: Ed.UEL. 1993.
- BORGES, R.M.R. **Em debate: cientificidade e educação em ciências**. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996.
- BULCÃO, M. Bachelard: Contribuições para uma pedagogia da razão e da imaginação. **Educativa**, Goiânia, v.5.n.2. 2002 (p. 283-297).
- BRAGA, J. Liderança no Coração. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano 4, n. 39. 2005. (p. 74-80).
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: SEMTEC/MEC, 1999.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. PCNEM+. Brasília: SEMTEC/MEC, 2002.
- CANGUILHEM, G. **Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida**. Edições 70. Lisboa. Livraria Martins Fontes São Paulo. 1977.
- CARVALHO, A.C.C. Células-tronco A Medicina do Futuro. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, n.172, junho 2001. (p. 26-31).
- CLOTET, J. Bioética como ética aplicada e genética. In: GARRAFA, V. IBIAPINA, F. (org.) **A bioética no século XXI**. Editora UNB, 2000. (p. 109-125).
- COLAVITTI, F. GIRARDI, G. O Circo da Clonagem. **Galileu**, São Paulo, n.139, 02/2003. (p. 67-74).
- Construindo consCiências, 8 série/APEC. – São Paulo: Scipione, 2003.
- COOKSON, C. Mãe de Todas as Células. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano 4, n.39. 2005. (p. 64-69).
- CORREIA, C.P. **Clones Humanos: Nossa autobiografia coletiva**. Tradução F. Rangel. Rio de Janeiro: Rocco, 2002.
- COSTA, R. C. Construção do Conhecimento Científico Segundo Algumas Contribuições da Epistemologia de Bachelard. In: MORAES, R. (org). **Contrutivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. 2ª ed. EDIPUCRS. 2003.
- CUNHA, A.M.O. A Mudança Epistemológica do Professor de Ciências e Biologia. **Educação e Filosofia**- v.17. n.33.2003. (p.95-106)

DELAPORTE, F. A História das Ciências segundo G. Canguillem: Filosofia, História e Sociologias das Ciências. In: PORTOCARRERO, V. (org.) **Abordagens Contemporâneas**. Rio de Janeiro, FIOCRUZ, 1994.

DELIZOICOV, D., ANGOTTI, P. A. J. e PERNAMBUCO, M. M. C. **Ensino de Ciências - Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

\_\_\_\_\_. **Concepção Problematizadora para O Ensino de Ciências na Educação Formal**. Dissertação de Mestrado. FEUSP. São Paulo. 1982.

\_\_\_\_\_. **Conhecimentos, Tensões e Transições**. Tese de doutorado. FEUSP. São Paulo. 1991.

\_\_\_\_\_. Em depoimento durante a aula do curso de Práticas Freirianas em Ensino de Ciências na Educação Escolar. PPGECT, UFSC, 2004.

\_\_\_\_\_. Práticas Freirianas no Ensino de Ciências. In: MATOS, C. (org) **Conhecimento Científico e Vida Cotidiana**. São Paulo: Terceira Margem/Estação Ciência. 2003.

\_\_\_\_\_. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA M. (org). **Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia Numa Concepção Integradora** Ed. UFSC, 2001.

\_\_\_\_\_; e SLONGO, I.I.P. História da Ciência e Ensino de Biologia: Uma possibilidade de articulação. In: **Anais** do VIII EPEB . São Paulo, fev/2002.

\_\_\_\_\_; e ZANETIC, J. A Proposta de Interdisciplinaridade e o seu Impacto no Ensino Municipal de 1º Grau. In: PONTUSCHKA, N. N.org. **Ousadia no Diálogo**. Ed. Loyola . São Paulo. 1993.

DELIZOICOV, N.C. **O Movimento do Sangue no Corpo Humano: História e Ensino**. Tese de Doutorado, CED, UFSC. 2002.

FERRARI, N; BOER, N. Obstáculos pedagógicos na aprendizagem em ciências. **Atas** do IV ENPEC, São Paulo, 2003.

\_\_\_\_\_. Cópia Fiel. **Ciência Hoje das Crianças**, Rio de Janeiro, ano 15, n. 122, 2002.

\_\_\_\_\_. Clonagem: um exemplo de texto a ser utilizado em aulas de ciências. **Anais** do VII EPEB, São Paulo, 2002.

\_\_\_\_\_; JUSTINA, L. A. Bachelard: A teoria mendeliana como exemplo de ruptura – A construção do conhecimento científico na escola. **Biotemas**, 13 (2): (p. 119-135), 2000.

- FIGUEIRA, M. O primeiro animal doméstico clonado. Disponível em: [www.cienciahoje.uol.com.br](http://www.cienciahoje.uol.com.br) Acesso em: 20 maio 2005.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 29.ed. São Paulo: Paz e Terra, 2004.
- \_\_\_\_\_. **Extensão ou Comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Pedagogia do Oprimido**. 35.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2003.
- GALLIAN, D. Vida em questão, na Semana de C&T. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, 22 outubro 2004, e-mail 2632.
- GADOTTI, M. **Convite à Leitura de Paulo Freire**. 2.ed. Scipione: São Paulo 1991.
- GARDNER, R. WATSON, T. Colcha de Retalhos de Leis. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano 4, n. 39. 2005. (p. 82-95).
- GARCIA, L. Genética na escola tem ritmos próprios. **Com ciência**, Disponível em: [www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm) Acesso em: 09 julho2003.
- GARRAFA, V. Prós e Contras da Clonagem Humana. **Scientific American Brasil**. São Paulo, n.14. Julho2003. (p. 56-57).
- GARRIDO, S.L. A Construção de Esquemas na Perspectiva de Mapas Conceituais como Ferramentas para a Aprendizagem. **II Simpósio de Educação superior-UNISINOS- 2001**.
- GERAQUE, E. Células-tronco do cordão umbilical, o cordão da vida. **Jornal da Ciência**, JC, e-mail 2609 SBPC, Rio de Janeiro, 20setembro2004.
- GIL, C. **Projetos de Pesquisa**. 2. ed. São Paulo. Ed. Atlas S.A.1989.
- GOLDIM, J. R. Clonagem: Aspectos Biológicos e Éticos. Disponível em: [www.ufrs.br/HCPA/gppg/clone.htm](http://www.ufrs.br/HCPA/gppg/clone.htm). Acesso em: 20março2004.
- GOUVÊA da SILVA, A.F. **A Construção do Currículo na Perspectiva Popular Crítica das Falas Significativas às Práticas Contextualizadas**. Tese de Doutorado. PUC. São Paulo. 2004.
- GRIFFITHIS, A.J.F. O Que o Público Realmente Necessita Saber Sobre Genética? 1993. Tradução: Nadir Ferrari.
- HOLLANDA, E. A vitória da razão. **Isto É**, São Paulo, n. 1847, 09março2005. (p. 33-35).
- JACOB, François. **A Lógica da Vida: Uma história da hereditariedade**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1983.

- JUSTINA, L.A.D. **Ensino de Genética e História de Conceitos Relativos à Hereditariedade**. Dissertação de Mestrado, CED, UFSC. 2001.
- KELLER, E. F. **O Século do Gene**. Belo Horizonte. Crisálida, 2002.
- KOLATA, G. Cientistas da Coréia do Sul anunciam método eficaz de clonagem de embriões humanos. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, SBPC, edição 2772, 20maio2005.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2004.
- LEVINSON, R. As Ciências ou as Humanidades: Quem deve ensinar as controvérsias em Ciência? Tradução: Rosana Howo Monteiro. **Por-Posições** – v. 12, 2001. (p. 62-71)
- LOPES, A.R.C. Bachelard: O Filósofo da Desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. UFSC v.13. n. 3.1996. (p. 248-270).
- \_\_\_\_\_. Contribuições de Gaston Bachelard ao Ensino de Ciências. In:**Ensenanza de Las Ciencias** [Barcelona],1993, 11(3), (p.324-330).
- LOPES, R. J. Coreanos e Americanos produzem Snuppy, o primeiro clone de cão. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, JC e-mail 2826. SBPC. 04agosto2005.
- LOPES, S. **Bio**. Vol. 1, ed. Saraiva, 4. ed. 1998.
- LORETO, E.L.S; SEPEL, L.M.N. A escola na era do DNA e da genética. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, RS, n. 26 UFSM. 2003. (p. 145-156).
- LUDKE, M. **Pesquisa em educação. Abordagem qualitativa**. Menga Ludke, Marli E. D. André. São Paulo: EPU, 1986.
- MANZKE, V.H.B. **Aspectos da Interação entre o Professor de Biologia e o Livro Didático no Ensino de Genética, na Cidade de Pelotas, RS**. Dissertação de Mestrado em Educação, PPGE, UFSC, Florianópolis, 1999.
- MARANDINO, M. Genética na escola tem ritmos próprios. **Comciencia**, Disponível em: [www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm) Acesso em: 09julho2003d.
- MARCOVITCH, J. O Desafio do Ensino de Ciências. In: HAMBURGUER, E.W. e MATOS, C. **O Desafio de Ensinar Ciências no Século XXI**. Edusp, São Paulo. 2000.
- MATOS, C. (orgs) **O Desafio de Ensinar Ciências no Século XXI**. São Paulo: Edusp: Estação Ciência 2000.
- MAZZOTTI, A. J. A; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais**: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998.

- MELO, C. Pesquisa com células-tronco: Perigoso Precedente. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, 04novembro2004, SBPC, e-mail 2640.
- MENDEZ-OTERO, R. Surge a Clonagem Investigativa. **Jornal da Ciência**, SBPC, Rio de Janeiro, junho2005. (p..4).
- MENEZES, L.C. Ensinar Ciências no Próximo Século. In:HAMBURGUER, E.W. e MATOS, C. **O Desafio de Ensinar Ciências no Século XXI**. São Paulo: EDUSP, 2000.
- MORAES, R. (org). **Contrutivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. Porto Alegre. 2.ed. EDIPUCRS. 2003.
- \_\_\_\_\_. Teorias Implícitas. In: MORAES, R. org. **Contrutivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. 2.ed. EDIPUCRS. 2003.
- MOREIRA-FILHO, C.A. Os Bancos Brasileiros de Células de Cordão Umbilical. Veja, São Paulo, n. 1872, setembro2004. (p. 73).
- MORETTO, V. Os fundamentos da relação professor aluno\_ Em depoimento no Workshop Congresso Internacional de Educação. Canela, RS. 2005.
- NASCIMENTO, J.F.M. **A Genética se faz presente no vestibular da Universidade Federal de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, CED, UFSC. 2003.
- NASCIMENTO, T.G; MARTINS, I; ABREU, T.B. Clonagem na Sala de Aula: Um Exemplo do Uso Didático de um Texto de Divulgação Científica. Disponível em: [www.if.ufrgs.br/public/revista.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/revista.htm) **Investigação em Ensino de Ciências**, vol. 9, n. 1, 2004. Acesso em: 03setembro2004.
- NOGUEIRA, T. Fábrica de Órgãos. **Super Interessante**, São Paulo, ed.191-B 2003. (p. 24-29)
- OLIVEIRA, D.L. **Ciências nas salas de aula**. Porto Alegre: Mediação, 1997.
- OLIVEIRA, J.B. Um desastre completo. **Educação**, São Paulo, (8), n. 88, agosto de 2004. (p. 7-9).
- OLIVEIRA, R.B.J. **Os Usos da Energia na Concepção dos Alunos do Ensino Médio do CEFET/PR – Unidade de Curitiba**. Dissertação de Mestrado, PPGE – CED, UFSC. 2003.
- PEDUZZI, L. Q. As Bases Teóricas de um Texto de Mecânica em Nível Universitário Básico. In: MOREIRA et.al. (org.) **Encuentro Internacional Sobre El Aprendizaje Significativo**, Burgos, España, 1997. (p. 223)

- PENA, S.D.J. Clonagem Humana: Aspectos científicos e éticos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** – Encarte Especial. Brasília, Ano II, n.11,1999. (p. 113-122).
- PEREIRA, L.V. **Clonagem: Fatos e Mitos**.São Paulo: Moderna, 2002.
- \_\_\_\_\_. Clonagem Humana Reprodutiva, não, Clonagem terapêutica, sem dúvida. **Jornal da Ciência**, SBPC, Rio de Janeiro, julho/2002.
- \_\_\_\_\_. Ecos de um passado de trevas. **Jornal da Ciência**, SBPC, Rio de Janeiro, JC e-mail 2566, julho/2004.
- PERNAMBUCO, M.M.C.A. Quando a troca se estabelece. In: PONTUSCHKA, N. N. ( org). **Ousadia no Diálogo**. Ed. Loyola . São Paulo. 1993.
- PIERSON, A.H.C. **O Cotidiano e a Busca de Sentido para o Ensino de Física**. Tese de Doutorado em Educação. USP, São Paulo, 1997.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Ed. UFSC, 2001.
- PONTUSCHKA, N.N. (Org) **Ousadia no Diálogo: Interdisciplinaridade na Escola Pública**. Ed. Loyola, São Paulo. 1993.
- PRANKE, P. A importância de construir bancos de sangue de cordão umbilical no Brasil. **Ciência e Cultura**, SBPC, Rio de Janeiro, ano 56, n.3. 2004. (p. 39-40)
- \_\_\_\_\_. A importância de discutir o uso de células-tronco embrionárias para fins terapêuticos. **Ciência e Cultura**, SBPC, Rio de Janeiro, ano 56, n.3. 2004. (p. 33-37).
- RAMOS, M.G. Epistemologia e ensino de ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, R. (org). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. 2.ed. EDIPUCRS, 2003.
- REHEN, S. MUOTRI, A. Pesquisa com células-tronco: A chance do Brasil. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, 05novembro2004, e-mail 2640.
- REINACH, F. Snuppy, uma prova de conceito. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, JC e-mail 2830. SBPC. 10agosto2005.
- RICARDO, E.C. ; ZYLBERSZTAJN, A. O Ensino das Ciências no Nível Médio: Um Estudo sobre as Dificuldades na Implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.19, n.3, 2002.
- RIPOLL, D. **“Não é Ficção Científica, é Ciência”**: A Genética e a Biotecnologia em revista. Dissertação de Mestrado, UFRGS 2001.

\_\_\_\_\_. e WORTMANN, M. L.C. A Genética e a Biotecnologia na Mídia Impressa: O que a Educação tem a ver com isso? In: **Anais do VIII EPEB**. São Paulo, fev/2002.

RODRIGUEZ, M.B. Primeiro passo rumo à Dolly. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, vol.31, nº 185, 2002. (p. 74-76).

ROSA, V.L. **Genética Humana e Sociedade: Conhecimentos, Significados e Atitudes sobre a Ciência da Hereditariedade na Formação de Profissionais de Saúde**. Tese de Doutorado. PPGE. CED. UFSC. Florianópolis. SC. 2000.

\_\_\_\_\_. Genética na escola tem ritmos próprios. **Comciencia**. Disponível em: [www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm) Acesso em: 09julho2003c.

RUMJANEK, F.D. A Técnica de Clonagem de Mamíferos. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, V. 30, n. 176, outubro, 2001. (p. 34-38).

\_\_\_\_\_. Dolly já nasceu velha? **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 152, 1999. (p. 10-12).

\_\_\_\_\_. Potencial e limitações da clonagem de mamíferos. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, vol. 22, n. 127, 1997. (p. 43-45).

RUMPF, R. A Clonagem de Bovinos no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. Brasília, Ano III, nº 19, 2001.

SÁ, M.T.G. Clonagem: uma chance à vida. **Ciência e Cultura**, São Paulo, SBPC, (56) (3), 2004. (p. 41-42).

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Educação e do Desporto. **Proposta Curricular de Santa Catarina: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio. Disciplinas Curriculares**. Florianópolis: Cogen, 1998.

SANTOS, B.S. **Introdução a Uma Ciência Pós-Moderna**. Rio de Janeiro: Graal. 1989.

SANTOS, L.H.S. Genética na escola tem ritmos próprios. **Comciencia**. Disponível em: [www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm) Acesso em: 09julho2003a.

SANTOS, M.C.C.L. Clones, Gens e Imortalidade. O futuro da reprodução humana assistida: Aspectos jurídicos e bioéticos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. Brasília, Ano III, nº 18, 2001. (p. 24-29).

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal do estado de São Paulo. Secretaria Municipal de Educação. **Movimento de Reorientação Curricular. Cadernos de Formação 01: Um Primeiro Olhar Sobre o Projeto**. São Paulo. 1990a.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal do estado de São Paulo. Secretaria Municipal de Educação. **Movimento de Reorientação Curricular. Cadernos de Formação 02:** Estudo Preliminar da Realidade Local. São Paulo. 1990b.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal do estado de São Paulo. Secretaria Municipal de Educação. **Movimento de Reorientação Curricular. Cadernos de Formação 03:** Tema Gerador e a Construção do Programa. São Paulo. 1991.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal do estado de São Paulo. Secretaria Municipal de Educação. **Movimento de Reorientação Curricular. Cadernos de Formação 05:** Ciências. São Paulo. 1992a.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal do estado de São Paulo. Secretaria Municipal de Educação. **Movimento de Reorientação Curricular. Cadernos de Formação 06:** Ciências: Relatos de Práticas 5/8. São Paulo. 1992b.

SCHRAMM, F. R. O Fantasma da Clonagem Humana: Reflexões científicas e morais sobre o “caso Dolly”. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, vol.22 nº 127, 1997. (p. 36-42).

SCLIAR, M. O Rei dos Clones. **Galileu**, São Paulo, 2001.

SILVA, F.A.R.; COUTINHO, F.A. e MARTINS, R.P. Concepções de Biólogos sobre a Natureza da Ciência. In: **Anais** do VIII EPEB. São Paulo, fev/2002.

SILVA, M. J. V.T. **Investigando a telefonia celular: ensinando-aprendendo com a interatividade em uma abordagem temática no ensino de física.** Dissertação de Mestrado, CED, PPGE, UFSC, 2003.

SILVA, T.J.C. Clonagem – O que aprendemos com Dolly? **Ciência e Cultura**, SBPC, Rio de Janeiro, ano 56, nº 3. 2004. (p. 27-30).

SEGRE, M. Aspectos Éticos e Filosóficos da Clonagem. **Ciência e Cultura**, SBPC, Rio de Janeiro, ano 56, nº 3. 2004. (p. 42-44).

SNYDERS, G. **A Alegria na Escola.** Ed. Manole Ltda. 1988.

SOUZA, M.L; FREITAS, D. Os Conteúdos Selecionados pelos Professores de Biologia para a Construção do Currículo Escolar. **ANPED**. Disponível em: [www.anped.org.br](http://www.anped.org.br). Acesso em: 23junho2004.

SOUZA, M.L; FREITAS, D. Os Professores e Professoras de Biologia Frente as Questões Cotidianas de seus Educandos e Educandas. **Anais** do VIII EPEB, São Paulo, fev/2002.

STRACHAN, T. READ, A.W. **Genética Molecular Humana**. Trad. Enrique Bunselmeyer Ferreira... [et. al.] 2ª ed. Porto Alegre, Artemel editora, 2002. (p. 508-510).

TEICH, D.H. Começou a corrida para fazer o primeiro clone humano. **Veja**. São Paulo, nº 32, agosto 2001.

TRIVELATO, J. Na Trilha da Ciência. In: HAMBURGUER, E.W. e MATOS, C.(orgs) **O Desafio de Ensinar Ciências no Século XXI**. São Paulo: Edusp: Estação Ciência 2000.

VIANA, M.C.S. **Estudo das Representações Sociais de Alunos do Ensino Médio sobre Clonagem**. Dissertação de Mestrado em Educação. UNB, Brasília, 2003.

VOGT, C. Clones e Medos Crônicos. **Ciência e Cultura**, SBPC, Rio de Janeiro, (56) (3). 2004. (p. 45-47).

WILMUT, I. SCHNIEKE, AE. McWHIR, J. KIND, AJ. CAMPBELL, KH. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. **Nature**; 385 (6619). Disponível em:

[www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abs](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abs)

Acesso em: 31 agosto 2004.

ZANCAN, G. In: GIRARDI, G. Alfabetização Científica: A nova bandeira da educação no combate à exclusão social. **Galileu**, São Paulo, n. 143, 2003. (p. 68-73).

ZATZ, M. Clonagem e células-tronco. **Ciência e Cultura**, SBPC, Rio de Janeiro, (56), n. 3. 2004. (p. 23-26).

ZATZ, M. Clonagem Humana e Bancos de Cordão para Obtenção de Células-Tronco. **Ciência&Ambiente**, Santa Maria RS, nº 26. UFSM 2003. (p. 41-48)

ZHANG e GRIFO. Chineses fazem fertilização in vitro com método de clonagem. **Jornal O Estado de São Paulo**, São Paulo, 15 outubro 2003.

## ANEXOS

Anexo 1 – Questionário aplicados com alunos do 2º ano do ensino médio;

Anexo 2 – Roteiro da entrevista semi-estruturada;

Anexo 3 - Representação da entrevista, opção por falas mais usadas no texto;

Anexo 4 – Sumário do livro didático: LOPES, S. Bio. Vol. 1, ed. Saraiva, 4ª edição, 1998.

Anexo 5 - Programa de ensino de Biologia da Proposta Curricular de Santa Catarina (1998).

Anexo 6 - Texto didático. FERRARI, N. Cópia Fiel. Ciência Hoje das Crianças, ano 15, nº 122, 2002.

Anexo 7 - Textos: Do ovo ao homem; Clonagem de plantas. PEREIRA, L.V. Clonagem Fatos e Mitos. Ed. Moderna, 2002.

Anexo 8 - Texto: tecnologia na reprodução humana – bebê de proveta, tecnologia e clonagem – aspectos técnicos. Unidade 3, capítulo 2, livro: Construindo consCiências, 8ª série/APEC, ed. Scipione, 2003.

Anexo 9 - Textos: Entendendo a herança genética, Tecnologia e Saúde, unidade 2, capítulo 2 e unidade 3 capítulo 2, respectivamente. Livro: Construindo consCiências, 8ª série/APEC, ed. Scipione, 2003.

Anexo 10 – Texto: Lei não cura ninguém, Jornal da Ciência, e-mail 2798, junho 2005.

## ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica – MESTRADO

Mestranda: Cláudia Regina dos Anjos

Orientadora: Nadir Ferrari

Aluno:

série:

data: / /

1-Você já ouviu falar em clonagem?

a)( ) sim                      b)( ) não

2-Que veículos lhe trouxeram conhecimentos sobre clonagem?

a)( ) escola                      d)( ) livros didáticos

b)( ) televisão                      e)( ) revista/jornal

c)( ) amigos/família                      f)( ) outros

Comente por favor.

---



---

3- Preencha com a letra **P** dois itens que você considera mais próximos da clonagem e com a letra **N** um item que você considera menos relacionado.

( ) Bebê de proveta	( ) exame de paternidade
( ) mudas de planta	( ) cultura de células
( ) projeto genoma	( ) projeto fome zero
( ) célula-tronco	( ) gêmeos univitelinos
( ) inseminação artificial	( ) AIDS
( ) transplante de órgãos	( ) transgênicos

Justifique sua escolha.

---



---

4-Que grupos sociais você acredita que serão beneficiados com o aperfeiçoamento e aplicação da técnica da clonagem? (pode responder mais de um)

( ) religiosos	( ) cientistas	( ) educadores
( ) políticos	( ) médicos	( ) todos
( ) homossexuais	( ) nenhum	( ) atletas
( ) outros	( ) biólogos	( ) faxineiros
( ) casais estéreis	( ) artistas	( ) população em geral

Por quê?

---

---

5- Clonar um organismo, seja ele animal, vegetal ou microorganismo, significa produzir indivíduos idênticos ao organismo inicial. Esta frase para você está:

- a)  correta
  - b)  incorreta
  - c)  parcialmente correta
- Por quê?
- 

---

6-Um clone humano será idêntico à pessoa que foi clonada. Na sua opinião esta frase está:

- a)  correta
  - b)  incorreta
  - c)  parcialmente correta
- Por quê?
- 

---

7-Na sua opinião: As possibilidades técnicas da clonagem permitem:

- a)  alternativas de reprodução humana
- b)  produção de animais para alimentação humana.
- c)  produção de animais para experimentação de laboratório.
- d)  produção de tecidos para cura ou tratamento de doenças.
- e)  preservação de animais em fase de extinção.
- f)  produção em larga escala de flores.
- g)  produção de um grande número de laranjeiras.

Comente por favor.

---

---

8- Na sua opinião: A decisão sobre a aplicação desta biotecnologia deve partir de:

- a)  grupos religiosos
- b)  estudiosos no assunto
- c)  economistas
- d)  políticos
- e)  médicos
- f)  advogados
- g)  educadores em geral
- h)  população em geral

Por quê?

---

---

9-Você acha que, do ponto de vista técnico, uma pessoa poderia permanecer existindo através de seus clones?

- a)  sim
- b)  não

Por quê?

---

10- Escolha uma das alternativas abaixo para responder

A) Se sua resposta acima foi SIM, você acha que isso deveria ser feito?

---

B) Se sua resposta foi NÃO, você acha que esforços deveriam ocorrer nas pesquisas para tornar isso possível?

---

11- Que núcleo celular pode ser usado na técnica de clonagem que originou Dolly?

- a)  todas as células.
- b)  apenas células haplóides.
- c)  apenas células diplóides.
- d)  não sei.

Por quê?

---

12- Que célula poderá ser usada para receber o núcleo que será clonado nesta técnica da clonagem da Dolly?

- a)  qualquer célula
- b)  célula somática
- c)  gameta feminino
- d)  gameta masculino
- e)  célula sanguínea
- f)  não sei.

Por quê?

---

13- Você acha importante que o tema CLONAGEM seja tratado em aulas de Biologia?

- a)  Não, porque já existem informações suficientes sobre o assunto na mídia.
- b)  Não, porque as pesquisas com clonagem são antiéticas.
- c)  Sim, porque esclarecem dúvidas deixadas pela mídia.
- d)  Não, porque o uso de clonagem é condenado por várias religiões.
- e)  Sim, porque contribuem para a compreensão de conteúdos afins da Biologia.

- f)  Não, porque não tem relação com os conteúdos que devem ser tratados pela Biologia.
- g)  Sim, porque é importante para o vestibular.
- h)  Não, porque não é importante para o vestibular.

Comente o porque da escolha por favor!

---

14- Para você, **quando começa a vida humana?**

- a)  na célula reprodutora – óvulo ou espermatozóide.
- b)  no zigoto ou célula-ovo.
- c)  No momento em que o embrião se implanta no útero.
- d)  Quando se forma o sistema nervoso.
- e)  Quando se formam todos os órgãos.
- f)  No momento do nascimento.
- g)  Outro. Qual?

Por quê?

---

15- Biotecnologias como a clonagem terapêutica, quando liberadas, podem propiciar melhor qualidade de vida para qualquer pessoa com doença genética?

- a) Sim, com o desenvolvimento de tecnologias ligadas a saúde, todo cidadão poderá ter maior qualidade de vida.
- b) Sim, essas pesquisas garantem menores desigualdades sociais.
- c) Não, a evolução tecnológica caminha na contra-mão da aplicação dos direitos humanos.
- d) Não, nenhum presidente da república fará valer os direitos humanos postos na constituição.
- e) Sim, com a garantia do direito ao voto e a escolarização básica, os cidadãos lutam por seus direitos em relação aos benefícios da ciência.
- f) Sim, mas por outra razão. Qual? .....
- g) Não, mas por outra razão. Qual? .....

## **ANEXO 2 - ROTEIRO DA ENTREVISTA**

1. Aspectos considerados na escolha dos temas ligados ou não a clonagem como diagnóstico inicial do entendimento do tema pelo estudante.
2. Relação poder/benefício dos conhecimentos científicos.
3. Domínio de conhecimentos técnicos de biologia associados à genética.
4. Posicionamentos pessoais relativos a decisões sobre aplicações de biotecnologias.
5. Posicionamentos éticos relativos à aplicação da técnica da clonagem e a definição do início da vida.
6. Fatores que condicionam os estudantes a relacionarem a técnica de clonagem aplicada em seres humanos.
7. Base conceitual de citologia e embriologia.
8. Conhecimentos sobre a técnica de clonagem por transferência nuclear e outros tipos de clonagem.
9. Justificativa dos focos escolhidos quanto ao tema clonagem em aulas de biologia.

### ANEXO 3 - ENTREVISTA

Cláudia – Ana, na escolha dos itens próximos da clonagem, você optou por bebê de proveta e célula-tronco, justificando que essas são as grandes descobertas, mas que você não entende nada sobre isso. Sobre bebê de proveta e célula-tronco ou a relação que isto tem com a clonagem?

A7 – O que isso tem a ver com a clonagem, porque a gente ouve na TV, mas eles não explicam muito bem assim, eles falam vagamente sobre o assunto. Eu acho que eles deveriam explicar mais, agora eles estão dando mais ênfase né, porque a clonagem está sendo bem falada. É um tema polêmico. Só que eu acho que eles deveriam explicar mais, porque a gente, como aluno, está na escola, mas a gente não aprende assim o que é.

Cláudia – Então será que a mídia, a TV, a revista, jornal, eles têm esse compromisso. É realmente lá que a coisa deve ser ensinada, porque aí seria realmente ensinada. Eles informam ou eles ensinam?

A7 – Eles informam, deveria ser explicado na escola.

Cláudia – E se eu perguntasse assim, bebê de proveta para você é o quê?

A7 – Eu não saberia... risos. Eu já ouvi falar, mas não sei explicar, assim como célula-tronco. Olha sei lá, seria um bebê que colocam na mulher, alguma coisa assim?

Cláudia – É uma forma de reprodução só que o momento do encontro dos gametas que naturalmente ocorre dentro da mulher, nesse caso ocorre fora dela.

A7- No laboratório né, mas a clonagem também é uma coisa feita fora assim, no laboratório não é?

Cláudia – Sim, mas para você seria esse o aspecto semelhante?

A7- Sim.

Cláudia – E a célula-tronco, o que você ouviu falar sobre ela?

A7- Que é uma célula, ela pode ajudar seres humanos a criar novos órgãos, por isso que clonagem é bem polêmica né, porque pra criar célula-tronco a gente vai ter que tirar a vida de uma criança não é?

Cláudia – De uma criança?

A7- De uma fecundação, no caso logo que é formado.

Cláudia - Teria que tirar essa célula dali? Para ter a célula-tronco?

A7 – Sim.

Cláudia – No nosso corpo não tem célula-tronco então?

A7 – Tem mas, a da criança é que é a melhor, logo que ele foi feito não é?

Cláudia – E quanto ao grupos beneficiados com a clonagem, por que cientistas e médicos seriam beneficiados?

A7 – Porque eles saberiam como fazer, beneficiariam a população e que eles teriam benefícios eles teriam mas qual, é difícil de dizer.

Cláudia – E a população, por que seria beneficiada? Como você vê isso?

A7 – Sim, as pessoas que por exemplo, sofreram algum acidente, ficaram em cadeira de rodas, eu consideraria uma melhora, eu encaro assim. Ajudaria muitas pessoas.

Cláudia – Qualquer uma, na sociedade, qualquer uma que sofresse um acidente, seria beneficiada?

A7 – É, mas aí sairia no problema econômico, porque isso é uma coisa bem cara, com certeza. Mas deveria ser para a população em geral, não só para aqueles que tem dinheiro.

Cláudia – Você já ouviu falar de clonagem em outros seres além dos animais?

A7 – Não.

Cláudia – Clonagem que você conhece é só em animais? Quais foram os casos que você ouviu?

A7 – Que eu ouvi foi só aquele da ovelha Dolly, só esse mesmo.

Cláudia – Quanto ao clone ser idêntico ao organismo que foi clonado, você considera isso parcialmente correto. Por quê?

A7 – Por que eu acho que igual, nunca, pode ser parecido mas não é, a gente está falando de organismo né, mas pessoas eu acho que nunca vai se conseguir ser igual, que aí eu coloquei na parte dos sentimentos né, e mais na parte da clonagem humana mesmo que eu coloquei, como é que você vai clonar uma pessoa, como é que vai ficar os sentimentos da outra, como é que ela vai se sentir... meu Deus, é, eu sou outra pessoa assim...eu até fico imaginando, até porque é uma coisa bem triste mesmo porque até naquela novela, o clone, lá.

Cláudia – Então você já ouviu alguma coisa de humano, é isso que eu perguntei ainda pouco.

A7 – Não, sim, claro, mas ficção né.

Cláudia – Isso, na verdade já ouvimos a pretensão de algumas clínicas pouco sérias, querendo fazer isso, mas nenhum caso até então comprovado em humanos. Mas o que você comparou quando você pensou naquela novela?

A7 – Ah eu acho que, eu sou bem religiosa, pelo lado assim que beneficiaria as pessoas, eu acho certo, mas tem o outro, meu..., cada pessoa é única, assim sabe ninguém tem o direito de clonar, perante Deus isso é totalmente errado, que além de você tá, pra formar uma célula-tronco, você vai tá tirando a vida... de, ele não é, não tá formado ainda, mas ele vai se formar, vai ser um ser quando crescer né.

Cláudia – Mas imagina isso num animal qualquer que não seja racional, ele será idêntico? Pensa na Dolly, você colocaria ela idêntica a ovelhinha que ela foi clonada?

A7 – Não, eles são parecidos.

Cláudia – O que faz com que sejam parecidos?

A7 - Os genes que foram tirados das células?

Cláudia – O que você pensa que são os genes?

A7 – Ah, não sei explicar. Não, só sei que são eles que designam como que a pessoa vai ser, a fisionomia, isso tudo.

Cláudia – Então pense, se um clone é super parecido com o animal que ele foi clonado, isso tem alguma coisa a ver com a formação de gêmeos por exemplo?

A7 – Gêmeos? É, tem uns que são totalmente iguais assim, muito parecidos.

Cláudia – Mas tem gêmeos que são muito parecidos inclusive o sexo, tem gêmeos que são diferentes, inclusive o sexo. O que implica se gêmeos vêm da mesma mãe, mesmo útero, as vezes serem tão idênticos, as vezes tão diferentes?

A7 – Eu acho que seria os genes, porque depende ali na formação.

Cláudia – Mas você já estudou ou leu alguma coisa sobre como os gêmeos são formados?

A7 – Não.

Cláudia – Então teria dificuldade de relacionar esse fato com a clonagem? Será que isso tem relação e se tem, onde?

A7 – Ah! ficaria difícil.

Cláudia – Quando questionei sobre as possibilidades que a clonagem permite, você se posicionou contra, porque para você toda clonagem deve ser proibida. Mas todas ocorrem para o mesmo fim? Todas as clonagens são iguais?

A7 – Eu não conheço se tem diferente, mas a que eu ouvi falar até agora, eu acho que, eu sou contra, tem que tirar no caso a vida ali do feto que está sendo formado. Sou totalmente contra.

Cláudia – E se fosse para reproduzir, um indivíduo, digamos um casal que não pode ter filhos, que é estéril, querem ter alguém que eles possam chamar de filho, mas que seja dele e não que seja de um orfanato coisa assim. E aí eles acham que a técnica da clonagem, como vai ter material dele e tal, vai ser filho dessa pessoa. Aí você acha que é válido, fazer a clonagem de um ser humano para que ele tenha alguém que possa chamar de filho?

A7 – Mas como seria essa clonagem?

Cláudia – Imagine, como nos homossexuais, dois indivíduos do mesmo sexo, que possuem o mesmo tipo de gameta, não podem juntos ter filhos naturalmente. Mas eles querem, vivem juntos, acham que tem esse direito e acham que a clonagem é uma saída. Nesse caso, onde o embrião não seria destruído, mas para formar uma nova vida, você acha que é válido?

A7 – Sim. Não destruindo, eu acho que é super válido. Mas assim, eles vão fecundar o óvulo com o espermatozóide e colocar na mulher ou vai ser tudo feito no laboratório?

Cláudia – É que essa técnica tem diferença quanto aos gametas. Por isso eu questiono sobre a presença dos gametas. E aí talvez essa seja a nossa dificuldade, de saber como a técnica foi feita.

A7 – Ah, mas então como é que é feito?... risos....

Cláudia – Vamos chegar lá ta, vamos acabar conhecendo como foi feito. Mas você colocou nas respostas que a clonagem poderia salvar vidas. Mesmo destruindo embriões?

A7 – Não, aí eu seria contra totalmente, só sem ter que destruir embriões.

Cláudia – Quanto à decisão da aplicação da técnica, você acha que deve ser da população em geral, qualquer pessoa tem condições de participar desta decisão?

A7 – Não, eu acho assim, é para beneficiar no caso a população, e clonagem é um assunto assim bem sério, que não deve ser um determinado grupo de pessoas decidir pelo bem de todas, pelo bem ou pelo mal no caso de todas as outras pessoas. É um assunto sério que tem que ser tratado como tal. Então não cabe, sei lá a determinado grupo, ou setor, decidir ou não, permitir ou não.

Cláudia – Mesmo que esse setor fosse lá os especialistas, cientistas no laboratório?

A7 – Também não, porque no caso eles vão beneficiar as pessoas, a população, no meu modo de ver não caberia a eles.

Cláudia - Mas se hoje eu fizesse uma pesquisa no colégio, para levar daqui uma decisão quanto à aplicação da clonagem. Você acha que tem condições de eu fazer isso?

A7 – Não, por isso que eu acho que eles deveriam ensinar na escola, preparar as pessoas para que a opinião seja válida. Porque qualquer pessoa leiga nesse assunto, não vai dar uma resposta significativa. Igual a nós aqui, a gente tá conversando, mas eu não... risos.

Cláudia – Quando você disse que do ponto de vista ético seria uma afronta contra Deus uma pessoa continuar a existir através de seu clone, seria também uma afronta a Deus originar uma criança pela técnica do bebê de proveta?

A7 – Seria, porque eu acho que um bebê deve ser formado do jeito tradicional, com o espermatozóide com óvulo dentro da mulher, claro que tem alguns casos, como a senhora mesmo já falou que né, não tem como, entre homossexuais, sei lá, mas eu ainda acho que é errado.

Cláudia – Digamos que se uma mulher, tivesse um problema de fecundação mesmo, tivesse os óvulos no ovário sendo produzido, o marido produzindo seus espermatozoides, mas não conseguisse a fecundação, e que talvez se esses óvulos fossem coletados e também os espermatozoides dele, o médico, no laboratório conseguisse fazer ocorrer a fusão que no corpo não acontece e depois introduziria no corpo para desenvolver. Mesmo assim seria uma afronta contra Deus?

A7 – Acho que aí sim, mas só no caso se houver problemas de fecundação mesmo, porque aí já é um problema físico né, no caso. Não tá fazendo por capricho. Si bem que você poderia estar adotando uma criança.

Cláudia – Tá ok! Ana Paula, já entendi tudo. Depende para você, do objetivo que tenho quanto à clonagem. Sobre as células usadas na clonagem da Dolly, você já disse que não sabe. Mas se pensarmos sobre as células em si, que células são essas, células haplóides, diplóides, somáticas, ... Saberias?

A7 – Ah! Eu não saberia, nós estudamos células, mas não entramos nesses tipos. Eu não saberia nem se humano tem essas células.

Cláudia – E quanto às células sanguíneas, temos células no sangue?

A7 – Essas eu acho que já aprendi mas não me lembro.

Cláudia – Se a clonagem é um assunto antiético, então ela não deve ser discutida na escola?

A7 – Ela deve ser discutida, cada pessoa vai ter sua opinião, acho que vai ser... independente, a pessoa pode achar que é bom, deve ser feito, deveria ter sim, isso na escola sabe, mas na forma técnica assim. Não tão assim, como é que posso dizer, deveria ser passado, mas respeitando a opinião de cada pessoa.

Cláudia – Mas as vezes só a opinião não basta, porque às vezes a gente até tem uma opinião formada de alguma coisa mas nem sabe do que se trata. Por isso é importante a gente saber para tornar mais forte essa opinião.

A7 – Ou para que a gente possa dizer, sei lá, eu tava errado, né. Por isso o assunto deve ser tratado na escola, só que respeitando a opinião de cada um.

Cláudia – Sobre o começo da vida humana. Em cada gameta já temos uma vida humana, ou no encontro deles?

A7 – Eu acho que desde o momento que o óvulo e o espermatozoide se encontram já é uma vida.

Cláudia – E qual é a diferença então entre zigoto e embrião?

A7 – Embrião seria um pouco mais formado? Mais...

Cláudia – E o zigoto?

A7 – Não lembro.

Cláudia - E quanto à diferença entre feto e embrião?

A7 – Eu acho que o feto já é quando a criança tá um pouco mais formada assim.

Cláudia – Por que você acha que a evolução da tecnologia caminha contra nossos direitos?

A7 – Porque a pessoa tem direito à vida. Se você vai tirar células de um embrião logo formado, você vai acabar matando essa criança, então ela não está tendo direito à vida. Então eu acho que seria contra os direitos humanos. Apesar de, como nós já falamos, seria bom se fizessem só com as pessoas que precisam. Mas aí acho que vai da consciência de cada pessoa.

Cláudia – Muito bem A7, obrigado pela sua atenção e participação nessa pesquisa.

## ANEXO 4 – SUMÁRIO DO LIVRO DIDÁTICO

# SUMÁRIO

## PARTE 1 – Origem da vida, 9

### Capítulo 1 – Introdução à Biologia, 10

- 1 O que estuda a Biologia, 10
- 2 Biologia: a ciência do século XXI, 11
- 3 Por que estudar Biologia, 12
- 4 Características gerais dos seres vivos, 13
- 5 Como organizar o estudo dos seres vivos, 20

**Roteiro de estudo, 22**

**Tema para discussão:** O método científico, 23

**Testes, 24**

**Questões discursivas, 25**

### Capítulo 2 – Origem da vida, 26

- 1 Introdução, 26

2 A evolução da controvérsia entre os adeptos da abiogênese e da biogênese, 26

3 Idéias sobre a origem da vida, 29

4 A Terra primitiva, 30

5 A hipótese de Oparin e Haldane, 31

6 O experimento de Miller, 33

7 O experimento de Fox, 34

8 A hipótese heterotrófica, 35

9 As primeiras células – as procarióticas, 37

10 O surgimento das células mais complexas: as eucarióticas, 37

**Roteiro de estudo, 40**

**Tema para discussão:** A origem dos vírus, 41

**Testes, 42**

**Questões discursivas, 43**

## PARTE 2 – Citologia, 46

### Capítulo 3 – Citologia: seu surgimento e seu desenvolvimento, 47

- 1 O início da Citologia, 47
- 2 A teoria celular, 49
- 3 As células observadas ao microscópio óptico, 49
- 4 As células observadas ao microscópio eletrônico, 51
- 5 Medidas usadas no estudo das células, 53

6 Como vamos estudar as células, 55

**Roteiro de estudo, 58**

**Testes, 59**

**Questões discursivas, 59**

### Capítulo 4 – A composição química dos seres vivos, 60

1 Introdução, 60

2 A água, 60

- 3 Carboidratos, 66
- 4 Lipídios, 68
- 5 Proteínas, 71
- 6 Os ácidos nucleicos, 75
- 7 Vitaminas, 76

#### Roteiro de estudo, 77

**Tema para discussão:** Contando calorias, 78

Testes, 81

Questões discursivas, 83

#### Capítulo 5 – A superfície das células, 84

- 1 Introdução, 84
- 2 Membrana plasmática, 84
- 3 Envoltórios externos à membrana plasmática, 85
- 4 Processos de troca nas células, 88
- 5 Concentração de uma solução, 88
- 6 Endocitose e exocitose, 100

#### Roteiro de estudo, 103

**Tema para discussão:** Experimento I, 104

Experimento II, 104

Testes, 105

Questões discursivas, 107

#### Capítulo 6 – Citoplasma – noções gerais, 109

- 1 Introdução, 109
- 2 O citoplasma das células procarióticas, 109
- 3 O citoplasma das células eucarióticas, 110
- 4 Organelas citoplasmáticas, 110
- 5 O estudo do citoplasma, 111
- 6 Citoesqueleto, 114
- 7 Microtúbulos, 116
- 8 Movimentos citoplasmáticos, 116
- 9 Organelas microtubulares, 117

#### Roteiro de estudo, 119

Testes, 120

Questões discursivas, 120

#### Capítulo 7 – Síntese, armazenamento e transporte de macromoléculas no citoplasma da célula, 121

- 1 Introdução, 121
- 2 Ribossomos, 121
- 3 Retículo endoplasmático, 123
- 4 Complexo de Golgi, 127
- 5 Lisossomos, 129
- 6 Peroxissomos e glioxissomos, 132
- 7 Vacúolos, 132
- 8 Inclusões citoplasmáticas, 134

#### Roteiro de estudo, 135

Testes, 136

Questões discursivas, 138

#### Capítulo 8 – Metabolismo energético das células – noções gerais, 139

- 1 Introdução, 139
- 2 Reações químicas, 141
- 3 Enzimas, 144
- 4 Acoplamento de reações e ATP, 147
- 5 Transportadores de hidrogênio: NAD e FAD, 150

#### Roteiro de estudo, 150

Testes, 151

Questões discursivas, 153

#### Capítulo 9 – Fermentação e respiração, 154

- 1 Introdução, 154
- 2 Fermentação, 154

- 3 Respiração, 156

4 Visão geral do processo respiratório, 161

5 O catabolismo de outras moléculas, 162

6 Respiração anaeróbica, 164

#### Roteiro de estudo, 165

**Tema para discussão:** I – Como adquirir um bom condicionamento físico, 166

II – Analisando experimentos, 167

Testes, 170

Questões discursivas, 173

#### Capítulo 10 – Fotossíntese e quimiossíntese, 174

1 Introdução, 174

2 A importância da luz para a fotossíntese, 175

3 Luz e pigmentos fotossintetizantes, 175

4 Plastos, 178

5 Cloroplastos, 178

6 A equação geral da fotossíntese e a origem do O<sub>2</sub>, 179

7 As etapas da fotossíntese, 180

8 Etapa fotoquímica da fotossíntese, 181

9 Etapa química da fotossíntese, 185

10 Fotoredução ou fotossíntese bacteriana, 188

11 Quimiossíntese, 189

#### Roteiro de estudo, 190

**Temas para discussão:** I – A história da descoberta da fotossíntese, 191

II – Realizando um experimento, 193

Testes, 194

Questões discursivas, 197

#### Capítulo 11 – O núcleo celular, 199

1 Introdução, 199

2 Número e forma, 199

3 A importância do núcleo, 200

4 Carioteca, 201

5 Nucleoplasma, 201

6 As funções do núcleo interfásico, 203

7 A molécula de DNA, 203

8 Duplicação do DNA, 204

9 Ácidos ribonucleicos, 205

10 Síntese de RNA: transcrição, 205

11 Tipos de RNA, 206

12 Síntese de proteínas: tradução, 208

13 O código genético, 211

#### Roteiro de estudo, 213

**Tema para discussão:** Analisando experimentos, 214

Testes, 215

Questões discursivas, 218

#### Capítulo 12 – Mitose, 219

1 Introdução, 219

2 O ciclo celular, 221

3 Intérfase, 221

4 As fases da mitose, 222

5 Citocinese, 226

6 Visão geral da mitose em célula animal, 227

7 A mitose em células vegetais, 228

8 A divisão da célula bacteriana, 229

9 Classificação dos cromossomos, 230

10 O cariótipo, 230

#### Roteiro de estudo, 234

**Tema para discussão:** Os riscos da radiação, 234

Testes, 237

Questões discursivas, 239

### Capítulo 13 – Meiose, 240

- 1 Introdução, 240

2 As fases da meiose I, 240

3 As fases da meiose II, 245

4 Visão geral da meiose, 246

Roteiro de estudo, 247

Testes, 247

Questões discursivas, 249

## PARTE 4 – Histologia, 312

### Capítulo 17 – Introdução à Histologia e os epitélios, 313

- 1 O surgimento da multicelularidade, 313
- 2 Vantagens da multicelularidade, 314
- 3 Diferenciação celular, 315
- 4 Tecido epitelial: características gerais, 316
- 5 Classificação dos tecidos epiteliais, 320
- 6 A pele, 325
- 7 Membranas, 328

Roteiro de estudo, 328

Testes, 329

Questões discursivas, 330

### Capítulo 18 – Tecido conjuntivo, 331

- 1 Características gerais, 331
- 2 Tecido conjuntivo frouxo, 332
- 3 Tecido conjuntivo denso, 335
- 4 Tecido adiposo, 335
- 5 Tecido conjuntivo reticular, 336
- 6 Tecido conjuntivo cartilaginoso, 337
- 7 Tecido conjuntivo ósseo, 338
- 8 Sangue e linfa, 342
- 9 A origem das células dos tecidos conjuntivos, 344

Roteiro de estudo, 346

Testes, 347

Questões discursivas, 349

## PARTE 3 – Reprodução e embriologia, 250

### Capítulo 14 – Reprodução, 251

- 1 Introdução, 251
- 2 Reprodução assexuada, 251
- 3 Reprodução sexuada, 253
- 4 Gametogênese, 258
- 5 Sistema reprodutor masculino, 262
- 6 Sistema reprodutor feminino, 264
- 7 Fecundação, 268
- 8 Doenças sexualmente transmissíveis, 271

Roteiro de estudo, 273

Tema para discussão: Controle de natalidade, 274

Testes, 275

Questões discursivas, 277

### Capítulo 15 – O desenvolvimento embrionário, 279

- 1 Introdução, 279
- 2 Segmentação, 279
- 3 Gastrulação, 282
- 4 Organogênese, 282
- 5 O desenvolvimento embrionário do anfíxo, 283
- 6 Embriologia de um anfíbio: a rã, 286

7 Os anexos embrionários, 289

8 O desenvolvimento embrionário de répteis e aves e os anexos embrionários, 290

Roteiro de estudo, 293

Tema para discussão: Ovo foi o grande salto da vida, 294

Testes, 296

Questões discursivas, 298

### Capítulo 16 – O desenvolvimento embrionário dos mamíferos, 299

- 1 Introdução, 299
- 2 Os anexos embrionários dos mamíferos, 300
- 3 O conceito de placenta, 301
- 4 O desenvolvimento embrionário humano, 301
- 5 O nascimento na espécie humana, 305

Roteiro de estudo, 306

Tema para discussão: Os gêmeos, 306

Testes, 309

Questões discursivas, 311

### Capítulo 19 – Os mecanismos de defesa do corpo humano, 350

- 1 Introdução, 350
- 2 Visão geral dos mecanismos de defesa do corpo humano, 350
- 3 Mecanismos não-específicos, 351
- 4 Mecanismos específicos de defesa: o sistema imune, 354
- 5 Distúrbios do sistema imune, 362

Roteiro de estudo, 364

Testes, 365

Questões discursivas, 366

### Capítulo 20 – Tecido muscular e tecido nervoso, 367

- 1 Tecido muscular: características gerais, 367
- 2 Tecido muscular liso, 368
- 3 Tecido muscular estriado, 368
- 4 Tecido muscular cardíaco, 370
- 5 Tecido nervoso: características gerais, 371
- 6 Neurônios, 371
- 7 Transmissão do impulso nervoso, 372
- 8 Neuróglia, 374
- 9 Fibras nervosas, 375

Roteiro de estudo, 376

Testes, 377

Questões discursivas, 378

Significado das siglas, 381

## ANEXO 5 - PROGRAMA DE ENSINO DE BIOLOGIA DA PCSC.

### PROPOSTA CURRICULAR (Biologia)

---

adequados à sua compreensão das coisas, podendo interferir no seu entorno e aplicar, conscientemente, os conhecimentos apreendidos, nas suas práticas, em benefício de si próprio e da sociedade.

#### CONTEÚDOS

##### 1ª Série

###### . Metodologia da Ciência – Introdução.

###### . A origem do Sistema Solar:

- teoria da grande explosão (Big Bang);
- formação da Terra (Terra primitiva – atmosfera primitiva);
- origem da vida (Biogênese e Abiogênese);
- biosfera (Hipótese de Gaia).

###### . Breve Histórico da Teoria Celular.

###### . Unidades Morfo-funcionais da Célula:

- principais estruturas celulares;
- mitocôndria e a respiração celular;
- cloroplasto e a fotossíntese;
- lisossomo e a digestão celular;
- ribossomo e a síntese de proteínas;
- núcleo;
- ácidos nucleicos e a informação genética.

###### . Reprodução Celular:

- . mitose;
- . meiose;
- . produção de gametas no ser humano.

###### . Reprodução Humana:

- sexualidade e adolescência;
- aspectos anatômicos, fisiológicos, psicológicos e histórico-social.

###### . Elementos de Anatomia e Fisiologia Humana:

- elementos de histologia : caracterização, localização e função;
- tecidos: epitelial, muscular, nervoso, e conjuntivos;
- sistema endócrino.

###### . Funções Vitais do Corpo Humano:

- trânsito de gases pelo organismo (respiração e circulação);
- trânsito de alimentos pelo organismo (digestão e excreção).

##### 2ª Série

###### . Introdução ao Estudo da Biodiversidade:

- nomenclatura e taxonomia;
- classificação dos seres vivos em cinco reinos;
- vírus;
- animais PROTOSTÔMICOS: a) com dois folhetos germinativos; b) com três folhetos germinativos;
- animais DEUTEROSTÔMICOS: equinodermos e cordados;
- plantas: a) com sementes; b) sem sementes.

## PROPOSTA CURRICULAR (Biologia)

### 3ª Série

#### . Genética:

- conceitos básicos;
- primeira e segunda Leis de Mendel;
- teoria cromossômica da herança;
- herança ligada ao sexo;
- introdução à herança multifatorial e doenças de penetrância incompleta e expressividade variável;
- genética e tecnologia: aspectos ético-sociais;
- determinismo biológico: aspectos ético-políticos.

#### . Evolução:

- idéias sobre evolução;
- principais conceitos;
- variabilidade genética;
- tempo ecológico;
- seleção natural;
- adaptação das populações;
- cenário sul-americano recente.

#### . Ecologia:

- organização ecossistêmica da natureza: a) ambiente; b) ecossistema (Leis de ODUM: balanço energético – equilíbrio dinâmico, capacidade de suporte e a emergência); c) ecossistemas locais catarinenses: costeiros, floresta atlântica, campos e florestas de araucária e floresta sub-tropical do rio Uruguai;
- organização da sociedade: a) sistemas culturais; b) legislação ambiental: internacionais (Conferências Mundiais), Nacionais (Constituição Federal de 1988 – Art. 225 e legislações específicas), Estaduais (Constituição Federal e legislações específicas) e Municipais (código de meio ambiente do município, entre outras).

### BIBLIOGRAFIA

- ACOT, P. *História da ecologia*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- AGUIAR, R.A.R. *Direito do meio ambiente e participação popular*. Brasília: MMA/IBAMA, 1994.
- ASTOLFI, J.; DEVELAY, M. *A didática da ciência*. 4 ed. Campinas: Papirus, 1995.
- APPLE, M. W. *Ideologia e currículo*. São Paulo: Brasiliense, 1982.
- AZEVEDO, F. de. *A cultura brasileira*. 3 ed. São Paulo: Melhoramento, 1958.
- BIZZO, N.V.; COLS. *Graves erros de conceitos em livros didáticos*. *Ciência Hoje* 21 (121); 25-26. (jun. 1996).
- \_\_\_\_\_. *Perspectivas em epistemologias e histórias das ciências*. (Org. André Luís Mattedi Dias et. al.) Feira de Santana: 1997, p. 135-149.
- BRETON, P. *História da informática*. São Paulo: UNESP, 1991.
- GARDNER, H. *A nova ciência da mente: uma história da revolução cognitiva*. São Paulo: EDUSP, 1995.
- GIL-PEREZ, de.; CARVALHO, A.M.P. *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez, 1993.
- KNELLER, G. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.
- KRASILCHICK, M. *O ensino de biologia*. Coletâneas do III Encontro Nacional de Ensino de Biologia. São Paulo: Faculdade de Educação-USP, 1991.
- LEVY, P. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- MATURANA ROMECIN; H; VARELLA, G.F. *A árvore do conhecimento*. São Paulo: PSY, 1996.
- MOLES, A.A. *A criação científica*. São Paulo: Perspectiva/EDUSP, 1971.
- ODUM, E. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.
- PINTO, A. *Ciência e existência: problemas filosóficos da pesquisa científica*. São Paulo: Paz e Terra, 1979.

## ANEXO 6 – TEXTO DIDÁTICO – CÓPIA FIEL



# CÓPIA FIEL

ATÉ POUCO TEMPO ATRÁS, A MAIORIA DAS PESSOAS NUNCA TINHA OUVIDO FALAR NA PALAVRA CLONE. HOJE, ELA ESTÁ NA BOCA DO POVO! VIROU ATÉ NOME DE NOVELA! NÃO É À TOA: VOLTA E MEIA APARECE UMA NOVIDADE RELACIONADA AO ASSUNTO NO JORNAL, NA TV OU NO RÁDIO. ENTRETANTO, POUCA GENTE SABE EXPLICAR CORRETAMENTE O QUE É CLONAGEM E CLONE. SE VOCÊ QUISER FICAR POR DENTRO DESSE TEMA FASCINANTE, COMECE A LER JÁ!

**A**ntes que você me pergunte, vou logo responder: clonagem nada mais é que a produção de clones. E clones são seres vivos que têm genes iguais! Mas o que são genes? Boa pergunta! Para respondê-la, você precisa saber o que é DNA!

As moléculas de DNA contêm as informações necessárias para formar um ser vivo e também para que ele possa se reproduzir. O DNA é encontrado no núcleo das células de plantas e de animais, entre os quais estamos nós – seres humanos. As informações existentes no DNA são chamadas de genes. Cada molécula de DNA possui muitos genes, que influenciam as características físicas dos seres vivos. A presença de sardas, por exemplo, é determinada por um gene (e influenciada pela exposição ao sol!).

Como os clones têm genes iguais, a princípio, apresentam as mesmas características físicas. São cópias um do outro. E é bom deixar claro que existem clones na natureza, isto é, plantas e animais idênticos não são fabricados apenas em laboratórios.



Certas plantas se reproduzem a partir de pedaços delas mesmas. Ou seja, de forma assexuada. Uma folha de violeta-africana, por exemplo, pode se tornar uma planta adulta. Esta planta é igual à que a gerou. Isto é, tem os mesmos genes. É um clone! (Veja o experimento!)

E você, como surgiu? A célula reprodutora do seu pai – o espermatozóide – uniu-se à célula reprodutora da sua mãe – o óvulo –, formando uma nova célula. Esta célula dividiu-se em duas, em quatro e assim por diante até formar um embrião – como são chamados os organismos no início do desenvolvimento.

Ou seja, você nasceu a partir da união de uma célula do seu pai e outra da sua mãe. E não de qualquer célula, mas do encontro de uma célula de reprodução masculina e outra feminina: o espermatozóide e o óvulo. Por isso, a reprodução do ser humano é sexuada. E a da maioria dos animais e das plantas que nascem de sementes também.

Então, diga: você é igual aos seus pais? Se disse não, acertou em cheio! Você parece com eles – afinal, herdou características de um e de outro –, mas não é idêntico aos dois e nem a ninguém! O seu DNA é diferente! Ou seja, na reprodução sexuada, um único ser não forma outro a partir de pedaços de si. E os filhos não são idênticos aos pais e nem a outros indivíduos!

Claro que toda regra tem exceção. Por exemplo, há clones humanos! Isso ocorre quando, raramente, a célula formada pela união do espermatozóide com o óvulo começa a se dividir e, por motivos desconhecidos, as células surgidas durante essa divisão se separam em dois ou mais grupos! Cada um deles origina um embrião. Neste caso, os bebês são chamados de gêmeos idênticos porque se desenvolveram a partir da mesma célula. São clones!



## CLONES DE LABORATÓRIO

Os cientistas estão avançando na clonagem de plantas e animais em laboratório. Clonar plantas como a violeta-africana é fácil. Afinal, qualquer célula retirada desse vegetal pode transformar-se em uma planta adulta. Com os animais, a história é diferente. Por isso, esse tipo de clonagem é recente e as técnicas usadas ainda precisam ser aprimoradas.

Para clonar animais, separa-se, artificialmente, as células de um embrião no começo do desenvolvimento. Nessa etapa, cada célula é capaz de se tornar um embrião, caso seja separada das outras. Esse método permite fazer vários clones, mas os cientistas não podem escolher as características genéticas deles. Afinal, clonaram um embrião formado naturalmente.



Uma técnica diferente foi criada por cientistas escoceses, que clonaram, em 1996, uma ovelha. Para fazer o clone, eles usaram três ovelhas. Vamos chamá-las de 1, 2 e 3. Primeiro, pegaram um óvulo da ovelha 1 e retiraram o núcleo, onde estão os genes. Depois, conseguiram uma célula da mama da ovelha 2. Tiraram seu núcleo e o inseriram dentro do óvulo sem núcleo da ovelha 1. O óvulo da ovelha 1 com o núcleo da célula da mama da ovelha 2 foi posto no útero da ovelha 3, desenvolveu-se e gerou uma ovelha com genes iguais aos da ovelha 2: o clone, que recebeu o nome de Dolly.

Veja que espantoso: para Dolly nascer, não foi preciso que um espermatozóide se unisse a um óvulo, formasse uma célula etc. etc. Substituiu-se apenas o núcleo do óvulo pelo núcleo de uma célula da mama – poderia ser de outro lugar qualquer do corpo. Os genes desta célula é que comandaram o desenvolvimento de Dolly. Pela primeira vez, os cientistas mostraram que uma célula qualquer de um animal pode gerar um novo indivíduo e não só a união do espermatozóide com o óvulo!

### UM CLONE DOENTE

Em novembro de 2001, cientistas americanos anunciaram que haviam feito o primeiro clone humano. Eles substituíram o núcleo do óvulo de mulheres pelo núcleo de células da pele. O embrião clonado morreu depois. A técnica foi a mesma usada por cientistas escoceses para criar Dolly.

A pesquisa mostrou que, por diversos motivos, a clonagem ainda não é segura para ser usada com seres humanos. Prova disso é que, no início deste ano, foi divulgado que Dolly está doente e que a causa pode estar relacionada com a clonagem.



Foto Agência Keystone

Dolly tem artrite – uma inflamação – no quadril e no joelho esquerdos que não é comum em ovelhas da sua idade – seis anos. Por isso, suspeita-se de que Dolly teria nascido velha. Como foi clonada da célula de uma ovelha de seis anos, sua idade atual seria de 12 anos, o que contribuiria para o surgimento da doença.

### UM CLONE NOVO

Em fevereiro deste ano, cientistas americanos anunciaram a clonagem do primeiro animal doméstico do mundo: uma gata. Ela nasceu no final de 2001 e chama-se Cc

(pronuncia-se cici). O processo de clonagem de Cc foi o mesmo da Dolly. Será que ela também envelhecerá mais cedo que o normal?



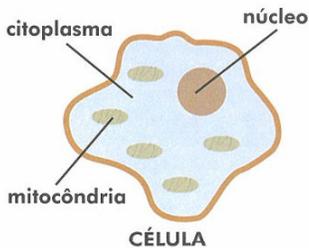
Foto Nature

A Redação

## SE TODOS FOSSEM IGUAIS A VOCÊ

Será que o ser humano também pode ser clonado artificialmente? Na teoria, sim! Mas, na prática, a clonagem não produz uma pessoa igual à outra. Por três motivos!

Primeiro, os genes não estão só no núcleo das células, mas também nas mitocôndrias. As mitocôndrias são pequenas estruturas encontradas no citoplasma, material muito parecido com gelatina que existe dentro da célula e fica ao redor do núcleo. Elas produzem energia para a célula viver! Como os cientistas só usam o núcleo da célula na clonagem, o clone não tem os genes das mitocôndrias idênticos aos da pessoa clonada.



Além disso, as células do nosso corpo estão sempre se dividindo. E, algumas vezes, pequenas alterações nos genes podem ocorrer durante as divisões. Com o tempo, essas pequenas alterações resultam numa quantidade razoável de mudanças. Assim, se o núcleo de uma célula do seu dedo for posto num óvulo sem núcleo e resultar em um embrião, as características genéticas dele podem ser diferentes das suas.

Mas primordial é lembrar que pessoas são mais do que um amontoado de genes. Os genes são importantes, mas a influência das experiências pessoais também é.

Imagine que o pai de um menino é professor de tênis e que a mãe também gosta de esportes. Incentivado pela família, o garoto tornou-se um grande jogador de tênis! Agora, pense que o craque foi clonado! E que o clone foi criado por pessoas que amavam a música. O pai é

baterista de uma banda e a mãe canta no coral do bairro. Na escola, o clone aprende a tocar flauta. E ganha uma bolsa para estudar música na Suíça! Adulto, torna-se um famoso flautista. Qual conclusão você tira dessa história?

**Nadir Ferrari,**  
Departamento de Biologia Celular, Embriologia e Genética,  
Universidade Federal de Santa Catarina.

## EXPERIMENTE CLONAR UMA VIOLETA - AFRICANA!

**1** Coloque água num pote de boca larga e tampe-o com um pedaço de plástico (desses usados para embrulhar alimentos).



**2** Retire de um pé de violeta, uma folha bem viçosa, com cabo e tudo.



**3** Faça um furo no plástico com a ponta de uma caneta e enfie o cabo da folha, ajustando a quantidade de água para que a ponta do cabo fique sempre molhada.



**4** Observe diariamente o que aparece primeiro no cabo: raízes ou folhas? Quando brotarem folhas, plante o broto em um vaso com terra úmida. Deixe as folhas para fora da terra e regue o vaso com pouca água uma ou duas vezes por semana.



**5** A nova planta crescerá e dará flores. A cor das flores será igual ou diferente da cor da planta original? E então, você produziu um clone?



**Maria Angélica Santini,**  
Universidade Metodista de São Paulo.

## ANEXO 7 – TEXTO - DO OVO AO HOMEM.

### 2. DO OVO AO HOMEM

#### A PRIMEIRA CÉLULA

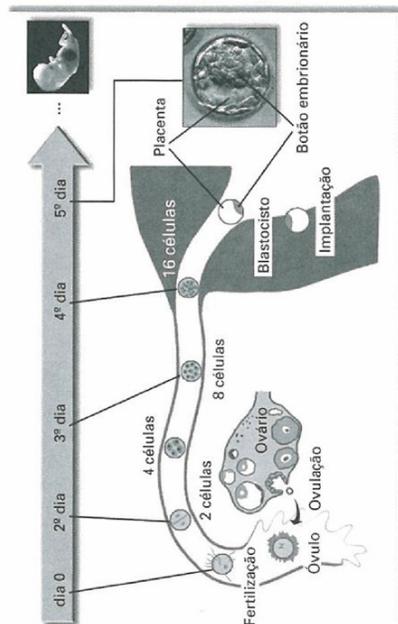
Pare um pouco para pensar: você já foi uma única microscópica célula! E como é que se transformou em quem você é hoje? Aquela primeira célula se dividiu em duas, essas duas em quatro, as quatro em oito, e assim por diante, até chegar aos trilhões de células que compõem uma pessoa adulta. E o que aconteceu com o genoma, com a receita que estava dentro do núcleo daquela primeira célula? A cada divisão celular, o genoma foi copiado inteiro e passado para cada uma das células filhas. Dessa forma, cada uma dos nossos trilhões de células contém uma cópia completa do nosso genoma. Ou seja, se para fazermos um clone seu precisamos da sua receita, agora sabemos que ela está bem acessível: uma cópia dentro de cada uma de suas células.

Somos então um conglomerado de trilhões de células. Mas elas são todas idênticas, iguais à original? Não. As células do sangue são diferentes das da pele, que são diferentes das do fígado, que são diferentes das dos músculos, e assim por diante. Existem em nosso corpo aproximadamente 200 tipos distintos de células, que diferem entre si tanto na forma como nas funções. Por exemplo, as células do sangue são responsáveis pelo transporte de oxigênio do pulmão para o resto do corpo e pela defesa do nosso corpo contra agentes infecciosos. Já as células do fígado são as grandes responsáveis pela produção de energia e de proteínas. As do músculo cardíaco devem se contrair de forma organizada para o coração bombear o sangue pelas nossas veias e artérias. Algumas células do olho têm como função absorver a luz e transmitir o sinal para o nosso cérebro. E assim por diante, para cada tipo diferente de célula.

#### A IDENTIDADE DE CADA CÉLULA

Mas se todas essas células se originaram de uma única célula, e todas contêm o mesmo genoma, as mesmas instruções, como podem ser tão diferentes? Essa pergunta fascina os cientistas. Como é que, durante o desenvolvimento do embrião, células inicialmente idênticas assumem características tão diferentes? Vamos olhar mais de perto o início do desenvolvimento humano (Figura 2).

Figura 2. O início do desenvolvimento do ser humano



Nossa vida começa com a fecundação de um óvulo por um espermatozoide e a formação da primeira célula, chamada ovo ou zigoto. Essa célula começa a se dividir, e no quarto dia do desenvolvimento o embrião humano é um conglomerado amorfo de 16 a 30 células idênticas e ainda não se implantou no útero materno. No quinto dia o embrião já contém aproximadamente 200 células e é chamado de blastocisto. Nesse estágio do desenvolvimento as células do embrião se dividem basicamente em dois grupos: as que formarão os tecidos extra-embrionários, como a placenta; e as que

formarão o embrião, que chamamos de botão embrionário. Nessa fase, as células do botão embrionário ainda não assumiram identidade própria, isto é, ainda não decidiram se vão virar músculo, tecido nervoso, pele etc.

Nesse ponto, o embrião se implanta no útero materno e inicia um complexo processo de divisões celulares. A partir desse momento, e em etapas progressivas, cada célula do embrião começa a adquirir forma e função específicas, em um processo chamado *diferenciação*.

Diferenciar-se significa tornar-se diferente, certo? A diferenciação celular é exatamente o processo em que células idênticas se tornam diferentes umas das outras. No início da diferenciação, as células do embrião se dividem em três grandes grupos. À medida que o embrião se desenvolve, as células de cada um desses grupos vão se multiplicando e se especializando cada vez mais, de forma que a partir das células de um grupo será gerado todo o sistema digestivo, o fígado, o pâncreas e os pulmões. As células do outro grupo darão origem à pele e ao sistema nervoso, incluindo a medula e o cérebro. Finalmente, as células do terceiro grupo formarão o tecido conjuntivo, cartilagens, ossos e o sistema cardiovascular, incluindo o coração e as células sanguíneas.

Ou seja, aquelas células inicialmente idênticas vão se multiplicar e se diferenciar de forma que algumas vão dar origem a células da pele; outras começarão a formação do coração; outras, ainda, dos nervos e do cérebro etc. E tudo isso de uma forma extremamente organizada, para que no final do processo nasça uma criança com uma boca, um nariz, dois olhos e duas orelhas, duas pernas, dois braços, um coração que bombeie o sangue do pulmão para o resto do corpo; um pulmão que oxigene esse sangue; um fígado; dois rins; um cérebro com feixes de nervos que se estendem por todo o corpo, e assim por diante.

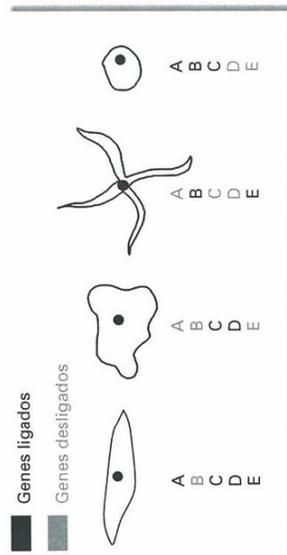
Mas quem está regendo esse processo tão complexo e organizado? O nosso genoma, as instruções no núcleo de cada uma das nossas células! À medida que o embrião se desenvolve, suas células começam a ativar genes específicos, instruções específicas do genoma: algumas vão

ligar os genes de células de sangue; outras, os genes de células de pele; outras ligarão os genes de neurônios, e assim por diante. Ou seja, apesar de as células terem o genoma completo em seu núcleo, elas utilizam somente uma parte dele, somente os genes do tipo celular específico pelo qual elas estão se diferenciando (Figura 3).

Como as células vão decidindo quais genes ligar ou desligar durante o desenvolvimento embrionário é ainda um grande mistério a ser desvendado e tema de pesquisa em centenas de laboratórios pelo mundo afora. Mas a natureza passou milhões de anos trabalhando nesse sistema genial que transforma uma célula em um ser vivo complexo — seja ele uma pessoa, uma planta, uma mosca ou uma ovelha. Como veremos, o grande desafio da clonagem é fazer uma célula diferenciada, de identidade já definida, reverter essa diferenciação e reiniciar o processo de desenvolvimento, dando origem a um indivíduo completo.

Resumindo: somos compostos de trilhões de células. Cada uma contém uma cópia completa do nosso genoma, porém utiliza somente uma fração desse genoma — aquela correspondente à sua função no organismo. Isso vale para qualquer ser vivo composto de várias células: desde fungos, algas e plantas até mamíferos.

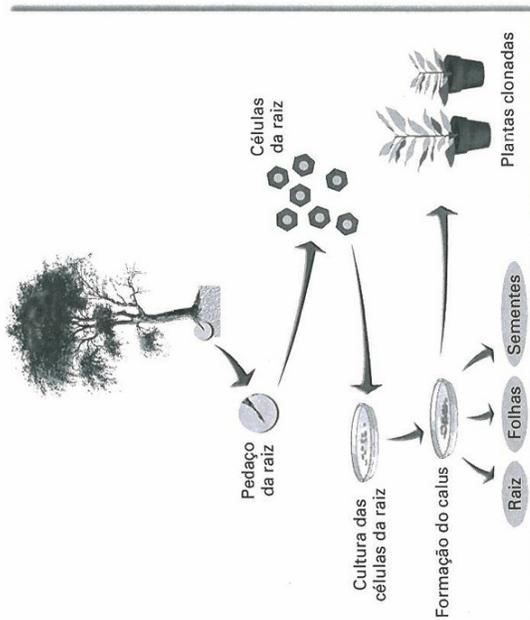
Figura 3. A identidade de cada tipo celular é determinada pelo conjunto de genes ligados e desligados



uma massa de células chamada *calus*, ou calo. Quando tratado com agentes químicos específicos (hormônios de plantas), o calo é induzido a se desenvolver em diferentes partes da planta: raízes ou caule ou folhas etc. Outros tratamentos o fazem transformar-se em embriões da planta, que se desenvolvem em uma planta completa. Por esses métodos de cultivo, uma planta pode ser dividida em milhares de células, cada uma com o potencial de se desenvolver em uma nova planta, geneticamente idêntica à original.

A clonagem permite criar, por exemplo, florestas de eucaliptos geneticamente idênticos, todos com a mesma qualidade superior de madeira e de crescimento. Ou plantações de árvores frutíferas clonadas a partir de uma original, excelente produtora de frutos saborosos e resistente às variações climáticas.

Figura 4. A clonagem de plantas



## CLONAGEM DE PLANTAS

Os primeiros seres vivos a serem clonados foram as plantas. Aliás, até hoje multiplicar plantas por reprodução assexuada é relativamente simples. Os clones podem ser derivados do caule, das raízes, das folhas e até de uma única célula de uma planta. Por exemplo, um pedaço do caule com folhas pode ser cortado de uma planta e colocado em um meio adequado para aquela espécie. Esse meio pode ser areia úmida, uma mistura de terra e fungos, ou mesmo água. Depois que as raízes se desenvolvem a partir do pedaço de caule, esse clone é transferido para a terra onde se desenvolverá normalmente como a planta matriz. Plantas domésticas como as violetas, heras e gerânios podem ser propagadas por esses cortes.

Outra prática interessante em plantas é o enxerto, utilizado quando queremos combinar em uma planta características específicas de duas espécies diferentes. Para isso, um pedaço do caule de uma planta é enxertado no caule com raízes de outra planta, criando assim uma planta híbrida. Por meio desse método são cultivadas as frágeis rosas ornamentais, enxertadas no caule de rosas selvagens mais resistentes. Acima da terra, as plantas resultantes possuem as características das rosas ornamentais, com suas flores lindas e perfumadas, enquanto abaixo da terra possuem as raízes fortes e resistentes das rosas selvagens. É por meio dos enxertos também que são produzidas as plantas sem sementes. Você já tinha parado para pensar como aquelas deliciosas uvas sem semente se reproduzem?

Com o avanço das técnicas de clonagem em plantas, hoje em dia é possível regenerar uma planta inteira a partir de uma única célula (Figura 4). Para isso, a célula é multiplicada no laboratório e forma

Porém, se por um lado a plantação de clones aumenta a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, por outro devemos tomar cuidado com essa uniformidade genética. Quando alguma praga atacar aquela plantação, se uma planta for suscetível a essa praga, todas serão, já que são geneticamente idênticas. E dessa forma a plantação inteira será destruída.

Já em uma plantação natural, nem todas as plantas são excelentes do ponto de vista de produção, mas, também, nem todas serão suscetíveis àquela praga. Assim, as mais resistentes sobreviverão, e a partir delas poderemos reconstituir a plantação. Por isso, é fundamental que a clonagem seja utilizada de forma controlada, para que a diversidade genética de cada espécie de plantas não seja diminuída. Afinal de contas, quem somos nós para saber quais indivíduos são mais merecedores de ser propagados? Que genes importantes estão contidos em uma planta de qualidade aparentemente inferior? Nossos critérios de seleção são muito limitados, e a diversidade genética é a grande maravilha da natureza e seu maior poder.

# ANEXO 8 – TEXTO - TECNOLOGIA NA REPRODUÇÃO HUMANA

## Tecnologia na reprodução humana — Os bebês de proveta

Você já ouviu notícias referentes a nascimentos de trigêmeos, quadrigêmeos ou até gêmeos mais numerosos? Sabia que a incidência de gravidez múltipla tem crescido nos últimos anos? Por que será?

Até a década de 1980, muitos casais inférteis que desejavam ter filhos recorriam à adoção. Em 1978, um fato inédito ganhou grande repercussão nos meios jornalísticos. Médicos britânicos conseguiram realizar a fecundação de um óvulo humano fora do corpo da mãe, implantando-o depois no útero materno para desenvolver-se.

Essa técnica ficou conhecida como **fertilização in vitro** ("fora do corpo") ou gravidez assistida, no sentido de auxiliada, ajudada. Ela se

tornou muito difundida e médicos especialistas em todo o mundo a aplicam. Numa alusão ao instrumental de laboratório usado, as crianças nascidas por essa técnica são popularmente chamadas de "bebês de proveta".

No processo de fertilização *in vitro* vários óvulos são fecundados e alguns embriões se desenvolvem. Durante o processo de implantação no útero materno, muitos embriões podem morrer; assim, vários embriões irmãos são implantados ao mesmo tempo. Algumas vezes, mais de um embrião sobrevive, o que resulta no nascimento de gêmeos não idênticos, eventualmente numerosos. Em condições naturais, a ocorrência de gêmeos múltiplos na espécie humana é baixa.

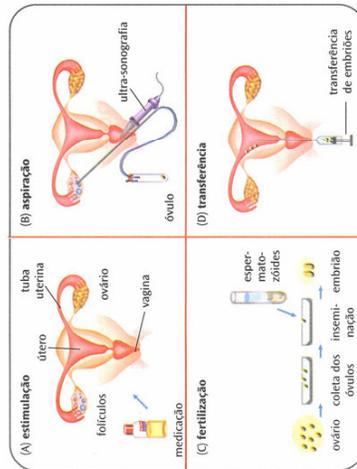


Ilustração esquemática da técnica de fertilização in vitro. A tecnologia tornou possível a fertilização in vitro, isto é, fora do corpo. A técnica inclui um tratamento que estimula a ovulação, o que resulta na liberação simultânea de vários óvulos pela mulher (A). Os óvulos são aspirados com um aparelho especial (B) e levados para o laboratório. A fecundação é feita em um tubo de ensaio, onde também são colocados os espermatozoides (C). Daí o nome de "bebê de proveta". O embrião formado é colocado no útero da mãe (D). Em geral, mais de um embrião é colocado, o que, frequentemente resulta em gravidez múltipla.

## Tecnologia e clonagem — Aspectos técnicos

Pesquisadores da Unesp (Universidade Estadual Paulista) fizeram pela primeira vez no Brasil uma cópia de um animal adulto. No dia 11 de julho de 2002, nasceu em Jaboticabal (SP) a bezerra Penta, o primeiro clone brasileiro gerado a partir de células de um animal adulto.

Para obtenção de um clone, os pesquisadores fundiram a célula do animal a ser clonado (doador do núcleo celular) com um óvulo (célula reprodutiva) sem núcleo e, portanto, sem material genético de outro animal. Essa técnica é chamada de transferência nuclear. Em seguida, o óvulo reconstituído foi induzido a se desenvolver como se fosse resultado da fecundação de um óvulo por um espermatozói. Para isso, ele foi ativado artificialmente em laboratório.

O projeto de Jaboticabal empregou a mesma técnica de clonagem da ovelha Dolly, realizada em 1996, na Escócia. O material genético de Penta foi retirado de células da cauda de uma vaca Nelore pura com 17 anos de idade. O óvulo, por sua vez, foi extraído de uma vaca de origem européia. A terceira vaca, que gestou o embrião, era mestiça zebu-holandesa.

Os pesquisadores produziram em laboratório 19 embriões, que foram implantados em 11 vacas, sendo que algumas receberam mais de um embrião. A mãe de Penta, por exemplo, recebeu dois. Três vacas iniciaram a gestação, mas somente uma desenvolveu o processo até o fim.

Logo ao nascer, Penta foi rejeitada por sua "mãe de aluguel". "A vaca zebu precisa sentir o cheiro da cria e lambê-la logo que nasce, caso contrário não a reconhecerá e a rejeitará", explicaram os pesquisadores. Depois de ser amamentada com mameadeiras por seis dias, Penta aceitou o úbere de duas vacas da raça holandesa, que não a rejeitaram.

Segundo os pesquisadores, esses estudos serão úteis para entender certas doenças degenerativas em humanos, como o mal de

Alzheimer. O nascimento de Penta reafirmou a liderança brasileira nas pesquisas de clonagem animal na América Latina.

No entanto, pesquisas com a clonagem de mamíferos têm revelado que a maioria dos clones é abortada ou morre nas primeiras horas de vida, com problemas renais, cardíacos, hepáticos e pulmonares. As causas dessas mortes prematuras ainda não são bem conhecidas. Suspeita-se que sejam decorrentes da complexidade envolvida na reprogramação genética das células envolvidas.

Além disso, a mãe de aluguel tem que ser submetida a parto por cesariana, devido ao tamanho do feto. Especialmente em bovinos, o bezerro clonado, ao nascer, tem em torno de duas vezes o peso de um bezerro normal.

Fonte dos dados: artigo publicado na Revista Pesquisa FAPESP, n. 78, ago. 2002. Coordenador da pesquisa: Joaquim Mansano Garcia. Unesp, Jaboticabal.



A bezerra Penta é o primeiro clone brasileiro obtido a partir de células de um animal adulto. Ela nasceu no dia 11 de julho de 2002, com 42 quilos e de parto cesariano. Penta foi clonada em Jaboticabal (SP). Recebeu este nome em homenagem à vitória brasileira no campeonato mundial de Jutebol.

## Ciência em debate • Para que clonar humanos?

“Resta saber: para que clonar seres humanos? No caso de bovinos, caprinos e suínos, as vantagens são óbvias. E quanto a homens e mulheres? As pessoas, muitas vezes, esquecem que um clone não seria uma entidade instantânea. Ele teria que passar por uma gestação de nove meses e cresceria tal e qual seus semelhantes não clonados. Os clones teriam que ser educados e estariam sujeitos a influências talvez bem diversas daquelas que moldaram o indivíduo que doou o seu núcleo. Além disso, devido à ‘norma de reação’, os clones gerados podem até assumir aparências distintas daquela do clone fundador. Segundo essa norma, mesmo que uma característica seja ditada pela constituição genética, o ambiente precisa ‘permitir’ a manifestação plena do gene — uma criança filha de pais altos (com predisposição genética para ser alta) não crescerá como devia se não se alimentar corretamente em certa fase da vida.

Assim, nada impediria que o clone de Isaac Newton, se isso fosse possível e se ele vivesse em uma região costeira, viesse a ser por exemplo um musculoso surfista, ou que o clone de Albert Einstein virasse um pagodeiro e o de Adolf Hitler se tornasse um assistente social em uma tavela carioca. A técnica da clonagem pode vir a revelar como cultivar órgãos para transplantes, uma meta verdadeiramente desejável, mas

será difícil encontrar argumentos que justifiquem a clonagem de um indivíduo.”

Franklin David Ruzjaneck, *Ciência Hoje*, v. 30, n. 176, 2001.

1. Discuta com seus colegas e liste argumentos a favor ou contra a clonagem de seres humanos.
2. É possível o clone de um artista ou de um atleta ter o comportamento e habilidades artísticas completamente idênticos à pessoa clonada? Justifique.
3. Procure saber através de noticiários, consultas na Internet e em revistas de divulgação científica informações recentes sobre clonagem. Escreva um texto que amplie o debate que foi feito nesta seção.



Você já se imaginou em uma situação como esta do quadrinho? Quem é o original e quem é o cópia? Você concorda com o Garfield?

## ANEXO 9 – Textos: Entendendo a Herança Genética, Tecnologia e Saúde

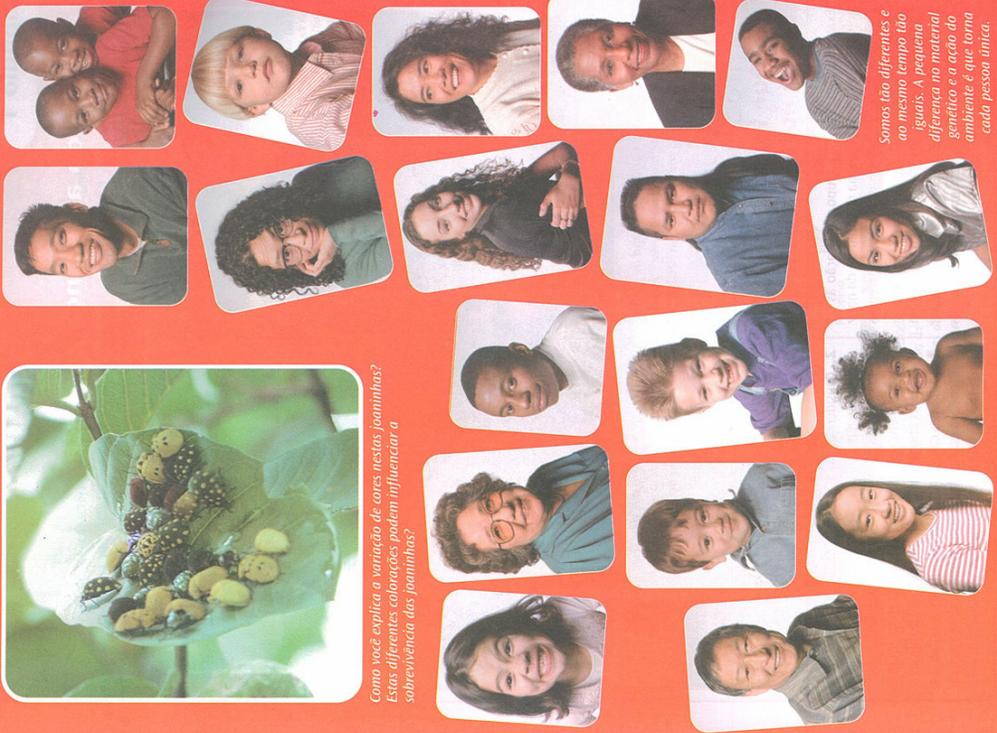
# A diversidade genética e a evolução dos seres vivos

Estamos vivenciando um período da história da biologia em que os temas da biodiversidade e da biotecnologia fazem parte do nosso dia-a-dia. Os jornais, as revistas, os filmes e a televisão têm debatido temas como a clonagem, a produção de transgênicos e a determinação da paternidade e da maternidade pelo exame de DNA. Essas questões envolvem conhecimento biológico sobre herança genética e evolução dos seres vivos. Envolve também questões éticas e precisamos estar informados para poder participar desse debate.

Nesta unidade vamos apresentar algumas ideias que irão ajudar na compreensão da herança genética, da interferência do ambiente nas características dos seres vivos e de como os seres humanos vêm interferindo na biodiversidade. Vamos, ainda, estudar as explicações sobre a evolução dos seres vivos e sobre a evolução humana.



Como você explica a variação de cores nestas joaninhas? Estas diferentes colorações podem influenciar a sobrevivência das joaninhas?



Somos tão diferentes e ao mesmo tempo tão iguais. A pequena diferença no material genético e a ação do ambiente é que torna cada pessoa única.

## Ciência e arte Orelhas reveladoras

A diversidade de características entre as pessoas foi registrada por artistas de diferentes épocas. Algumas dessas características são traços de escolas de artistas e podem revelar a autoria de uma obra.

Entre 1874 e 1876 uma revista alemã publicou uma série de artigos sobre pintura italiana. Esses artigos foram escritos pelo italiano Giovanni Morelli, que propunha um novo método para identificação de obras de pintores renomados.

Segundo Morelli os museus estavam repletos de pinturas com autoria incorreta. O método propunha que para distinguir as obras originais das cópias a

atenção deveria se concentrar nos detalhes típicos da escola artística do estilo do pintor. Lóbulos de orelhas, unhas dos dedos, formato das mãos e dos pés costumam ser retratados de maneira semelhante por artistas de cada escola.

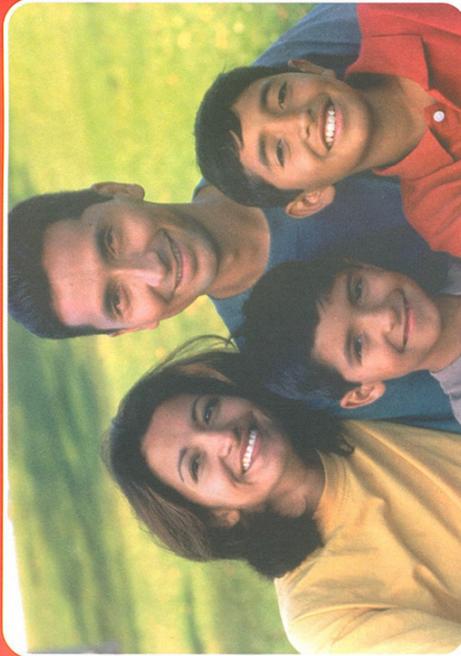
Usando esse método, Morelli corrigiu cerca de uma dezena de autorias de obras de arte, em algumas das principais galerias da Europa. Os livros de Morelli estão repletos de figuras através das quais os artistas se revelam. O método Morelli é ainda hoje uma referência para os estudiosos de história da arte.

(Adaptado de *Chaves do mistério: Morelli, Freud e Sherlock Holmes, de Carlo Ginzburg, em ECO, Umberto e SBBECK, Thomas A. O signo de três. São Paulo: Perspectiva, 1991, p. 69/92*)



As imagens acima apresentam um quadro de Sandro Botticelli (1444/53-1510) — Madonna e criança com anjo, 1470 — e um detalhe de Madonna com Criança, Santo Antônio de Pádua e Frei, de Filippino Lippi (1457-1504). Ambos eram pintores renascentistas italianos. Compare as orelhas dos desenhos de Morelli com as que estão pintadas nos dois quadros. Relacione as obras com seus respectivos pintores e veja como determinadas características humanas são exploradas por diferentes pintores.

## Entendendo a herança genética



No poema Resíduo, de Carlos Drummond de Andrade (1902-1987), há um verso que diz: "Fica um pouco do teu queixo no queixo de tua filha". Às vezes, fica um pouco mais, às vezes, um pouco menos. A cor dos olhos, o tipo de nariz, o tipo e a cor do cabelo, as orelhas... Como explicamos esse tipo de herança?

## Trocando idéias Que tipos de característica podemos herdar de nossa família?

1. Examine três colegas do grupo em relação às seguintes características: forma das orelhas, do nariz e do queixo. Ilustre em seu caderno as diferenças observadas. Compare as ilustrações feitas por seu grupo com as de outros grupos. Existem diferentes tipos de orelhas, narizes, olhos e queixos? Essas diferenças podem ser explicadas? Justifique.
2. Considere agora as seguintes características: orelhas furadas para colocação de brincos, cíclatrizes, nariz modificado por cirurgia plástica. Essas características podem ser explicadas da mesma maneira que aquelas apresentadas no item anterior? Justifique.
3. Quais das características citadas nas perguntas 1 e 2 podem ser herdadas? Quais não podem ser herdadas? Justifique.

## Explicando a herança genética

Tem coisas que só acontecem em filmes, desenhos animados ou em livros de ficção, não é? Ficaríamos surpresos se de um ovo de tartaruga nascesse um sapo ou se de uma semente de laranjeira nascesse um pé de café. Afinal, como explicar o fato de os filhotes serem parecidos com os pais?

Durante muito tempo os naturalistas procuraram dar explicações para estas questões.

O filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) acreditava que a geração de um novo indivíduo dependia dos líquidos produzidos pelos machos (sêmen) nos quais estava presente a força geradora da vida. Os líquidos produzidos pelas fêmeas tinham a função de nutrir e promover o crescimento do feto.

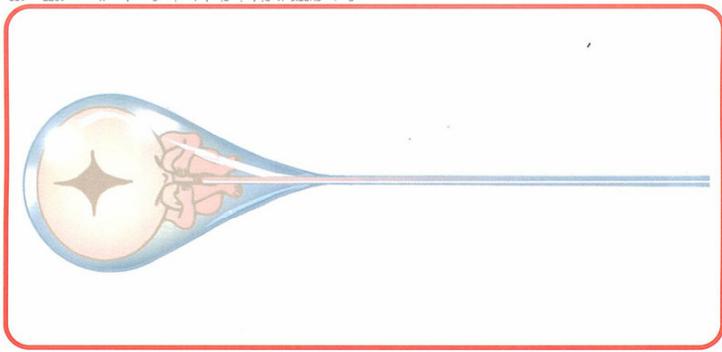
No século XVII a invenção do microscópio permitiu a observação dos espermatozoides. Contudo, apesar de ampliados, não era possível percebê-los em detalhes. Os estudiosos da época elaboraram, então, uma hipótese sobre a formação de um novo ser a partir do que pensavam enxergar no espermatozoide ampliado pelo microscópio.

Para eles, os espermatozoides continham em seu interior um ser humano em miniatura ao qual chamavam de homúnculo. Acreditavam ainda que o ventre da mulher tinha somente o papel de dar condições para que esse ser se desenvolvesse. Ou seja, a mulher tinha o papel de ser somente depositária de um ser que já estava pronto no sêmen.

Contrários a estas idéias, outros naturalistas dessa mesma época propunham que o homúnculo estaria dentro dos óvulos. Neste caso, o líquido seminal, produzido pelos machos, teria a função de nutrir os homúnculos.

Foi no início do século XIX que essas explicações antigas e medievais deixaram de ser aceitas. Em função dos estudos de vários naturalistas

ficou evidente que tanto os gametas masculinos quanto os femininos eram importantes na determinação das características do embrião. Mas faltava entender qual era a contribuição dos gametas na transmissão das informações hereditárias.



Os naturalistas dos séculos XVII-XVIII imaginavam que o ser humano já estava pré-formado em um espermatozoide.

## Papel dos gametas na herança

Óvulos e espermatozoides são células que possuem membrana, citoplasma e núcleo. No núcleo estão os cromossomos. Cada espécie possui um determinado número de cromossomos. Por exemplo, no milho são 20 e no camarário, 274. Na espécie humana, o número de cromossomos é 46.

Esse número permanece constante nas sucessivas gerações de uma espécie. Desse modo, todos os filhotes de camarários terão 274 cromossomos em cada célula de seu corpo,

assim como cada um de seus pais. Na espécie humana, do mesmo modo, filhos e pais terão igualmente 46 cromossomos em cada célula. O número e a forma dos cromossomos de uma espécie constituem seu **cariótipo**.

Conhecer a forma e contar os cromossomos de uma célula exigem técnicas especiais. Eles são visíveis ao microscópio quando estão condensados e isto ocorre nas células em processo de divisão. As figuras abaixo mostram como é montado o cariótipo da espécie humana.

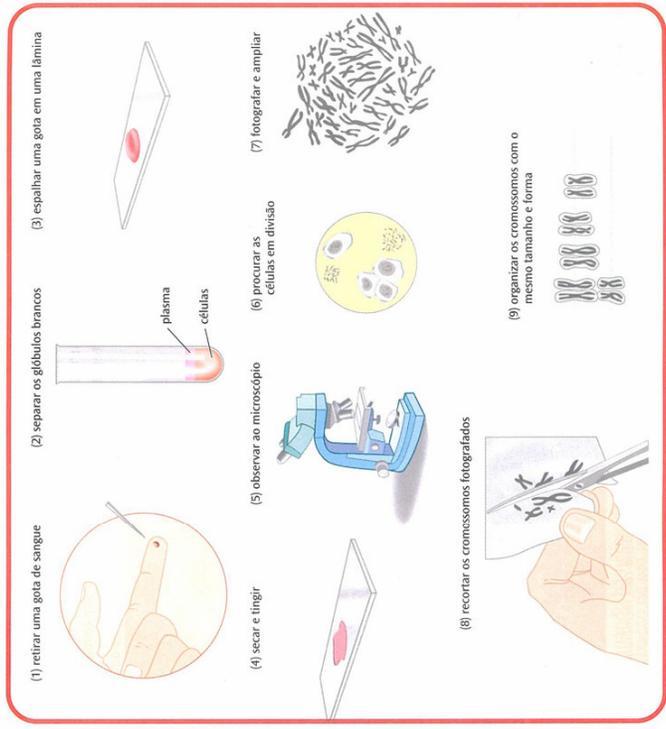
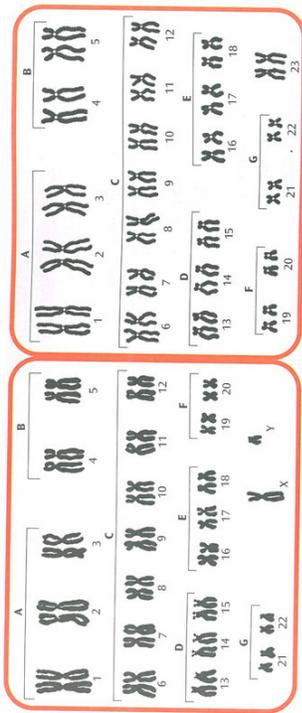
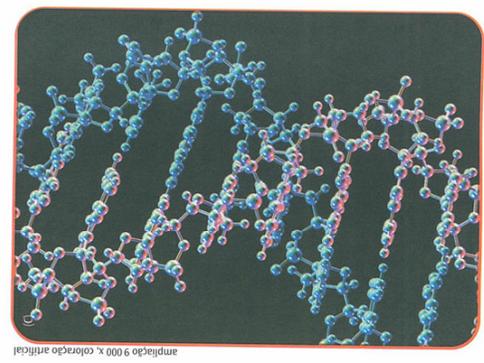
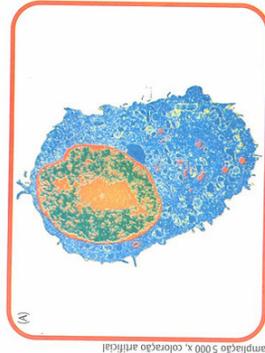


Ilustração esquemática mostrando a técnica de preparação de cromossomos humanos para observação.

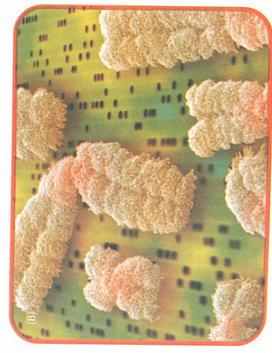


*Cariótipo humano: (A) masculino e (B) feminino.*

Os cromossomos são constituídos principalmente de material genético, o Ácido Desoxirribonucleico, que é comumente denominado DNA, uma sigla de seu nome em inglês. O DNA tem um papel importante na regulação dos processos celulares e está relacionado às características hereditárias.



*Em (A) vemos uma célula mamária com membrana, citoplasma e núcleo. Em (B) vemos cromossomos ampliados várias vezes e em (C), o modelo computadorizado de hélice dupla da molécula de DNA.*



## Algumas idéias de Mendel sobre a hereditariedade

Um dos trabalhos importantes para esclarecer o papel dos gametas na herança genética foi realizado pelo frade Gregor Mendel, que viveu no século XIX.



*Gregor Mendel nasceu em 1822 e estudou matemática e ciências na Universidade de Viena, capital da atual Áustria. Após se formar como monge, retornou ao mosteiro agostiniano de Brno, localizado na atual República Tcheca, onde havia estudado quando jovem. Era formado em física e biologia e tinha sólidos conhecimentos matemáticos, o que muito o ajudou em suas análises. Foi nos jardins deste mosteiro que Mendel realizou experimentos que contribuíram para o desenvolvimento da genética no início do século XX.*

Mendel estava intrigado com o problema da origem da variação nas espécies. Ele fez vários estudos com populações de ervilhas-de-cheiro, uma planta que é de fácil cultivo e se reproduz várias vezes por ano.

Em seus estudos ele considerou algumas características das ervilhas como: a cor das sementes, a forma das sementes, a forma das vagens, a cor das flores e a altura das plantas como apresentado na figura seguinte.

Característica	Variações
cor da flor	lilás branca
cor da semente	amarela verde
forma da semente	lisa rugosa
cor da vagem	amarela verde
forma da vagem	lisa sulcada
posição da flor	terminal axilar
altura da planta	alta (2 m) baixa (0,9 m)

*Características das plantas de ervilhas estudadas por Gregor Mendel. Ele escolheu para seus estudos características contrastantes, como ervilhas que tinham sementes lisas ou rugosas, ervilhas com sementes amarelas ou verdes.*

As plantas de ervilhas encontradas na natureza reproduzem-se por autofecundação. Nesse processo os gametas masculinos fecundam os gametas femininos da mesma planta. Após muitas gerações de autofecundação as populações apresentam pouca variação entre os indivíduos gerando linhagens denominadas "puras".

Em uma linhagem "pura" com autofecundação, as características dos pais reaparecem nos descendentes, geração após geração. Por exemplo, quando ervilhas puras de sementes rugosas se reproduzem por autofecundação,

seus descendentes também terão esse tipo de semente. O mesmo acontece com as outras características quando as linhagens puras se autofecundam.

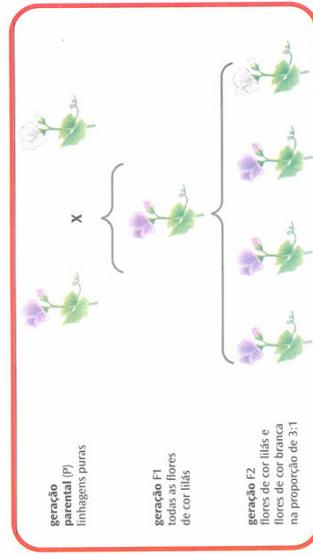
Para entender a diversidade de características das ervilhas, ele cruzava plantas que apresentavam características contrastantes, por exemplo, planta alta com planta baixa, ou planta de ervilhas de sementes lisas com planta de ervilhas de sementes rugosas. Para realizar os cruzamentos, Mendel transferia grãos de pólen de uma planta para outra, impedindo a autofecundação.



*Para evitar a autofecundação das ervilhas, Mendel retirava cuidadosamente os estames das flores. Com um pincel, retirava o pólen e o transportava de uma flor para outra. Assim, ele controlava os cruzamentos entre as ervilhas.*

Ele denominou geração parental ou **P** as plantas puras que eram utilizadas nos cruzamentos. Mendel denominou de geração **F1** as plantas descendentes da geração parental, e os descendentes da geração **F1**, de **F2**.

Para fazer seus experimentos, Mendel selecionou as características e observou os descendentes. Veja na figura um exemplo de cruzamento realizado por Mendel.

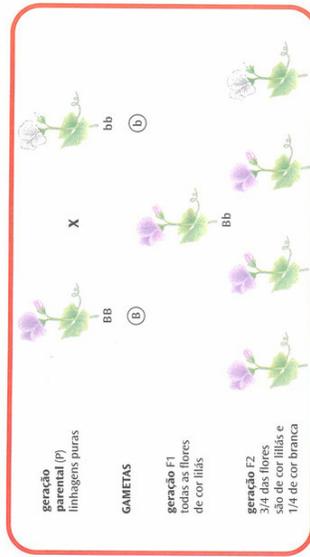


*Ilustração esquemática de cruzamento de um pé de ervilha de flores lilases e outro de flores brancas. A geração F1 deste cruzamento é constituída pelos descendentes originados a partir da geração parental (P) e a geração F2 pelos descendentes originados a partir da autofecundação dos indivíduos da geração F1.*

Observe que a geração parental (P) é constituída pelas plantas de flores lilases e plantas de flores brancas. Quando plantas de ervilhas de flores brancas foram cruzadas com plantas de ervilhas de flores lilases, Mendel observou que todos os descendentes nasciam com flores lilases e a característica cor branca “desaparecia”. Entretanto, quando Mendel deixava a geração F1 se autofecundar a característica “cor branca” reaparecia entre os descendentes.

Mendel chamou as características que apareciam na F1 de **dominantes** e as que não apareciam de **recessivas**. Portanto, para a característica cor da flor de ervilha, a cor lilás é dominante e a cor branca é recessiva.

Quando Mendel estudou outras características, observou situação semelhante. Quando cruzava plantas altas com plantas baixas, obtinha somente plantas altas. Quando os indivíduos da geração F1 eram autofecundados, geravam plantas altas e baixas. Mendel concluiu que, para as ervilhas, a característica “ser alta” era dominante e “ser baixa”, recessiva.



*Ervilhas puras com flores de cor lilás produzem gametas com o gene B. Ervilhas com flores brancas produzem gametas b. Todas as plantas da geração F1 serão Bb e terão flores lilases. A geração F2 é produto da autofecundação das plantas da geração F1. Na geração F2 cerca de 3/4 das plantas possuem flores de cor lilás e 1/4, flores de cor branca.*

Por que determinadas características que desapareceram na geração F1 voltam a aparecer na geração F2? Observe na figura acima que todas as plantas da geração F1 são Bb e possuem flores de cor lilás. Essas plantas produzirão 50% de seus gametas contendo o gene B e 50% contendo o gene b.

No quadro seguinte, estão representados todos os possíveis encontros entre os gametas masculinos e femininos produzidos por uma planta Bb. Observe que 1/4 das plantas da geração F2 possuem flores brancas.

**Possíveis encontros entre os gametas masculinos e femininos produzidos por plantas Bb**

Gameta masculino	B	b
Gameta feminino	BB Planta com flores lilases	Bb Planta com flores lilases
b	Bb Planta com flores lilases	bb Planta com flores brancas

- os fatores se separam durante a formação dos gametas;
- os fatores genéticos passam de pais para filhos por meio dos gametas;
- as características dominantes são aquelas que aparecem nos indivíduos da geração F1;
- as características recessivas são aquelas que não se manifestam na geração F1, mas reaparecem na geração F2.

Reinterpretando as idéias de Mendel com base nos conhecimentos atuais da biologia celular, podemos dizer que Mendel denominava “fatores” o que hoje é chamado de genes. E, ainda, a separação dos fatores durante a formação dos gametas pode ser explicada pela separação dos pares de cromossomos durante a meiose.

Tratamos aqui de algumas idéias de Mendel sobre a herança genética nas ervilhas. Elas podem ser sintetizadas nas seguintes proposições:

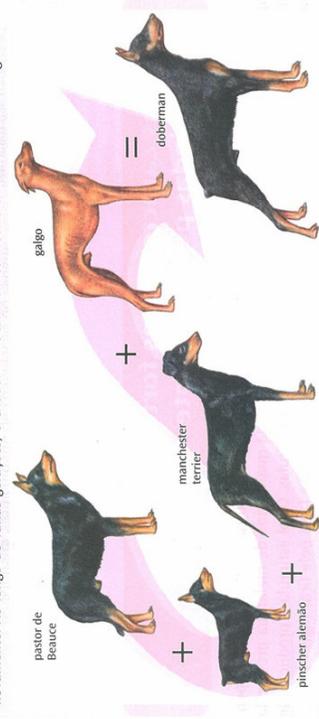
- as características hereditárias são determinadas por um par de fatores;

### Para saber mais • Melhoramento genético: uma velha receita

Muito antes de Gregor Mendel ter apresentado as explicações sobre a herança genética, os agricultores já melhoravam seus rebanhos e suas plantações fazendo cruzamentos entre plantas ou animais que apresentavam as características que desejavam ver reproduzidas. E assim fazem ainda hoje.

Por exemplo, criadores de galinhas poedeiras aumentavam a produção de ovos permitindo que somente as melhores galinhas poedeiras cruzassem com o galo. Dos descendentes resultantes, somente as melhores galinhas poedeiras eram cruzadas novamente. Ao longo de várias gerações, o criador conseguia ter em seu galinheiro uma grande porção de boas poedeiras.

Com as plantas também foram feitas seleções artificiais de características desejáveis, como tomates maiores e mais resistentes a pragas ou milho com espigas maiores e mais grãos. Até mesmo as plantas ornamentais, utilizadas nos jardins e praças, são em sua maioria resultado de seleção artificial. Chamamos de seleção artificial os cruzamentos selecionados e dirigidos pelo ser humano com o objetivo de melhorar a produção. A seleção artificial é também conhecida como melhoramento genético.



Estima-se que a linhagem do cão tenha se separado da linhagem do lobo há cerca de 100 mil anos. Provavelmente por ter abandonado a caça e passado a viver dos restos de comida deixados pelo homem da Idade da Pedra. A cada geração os seres humanos selecionavam para acasalamento os animais com características desejáveis ou mais bem adaptados a determinada tarefa. Existem atualmente cerca de 500 raças registradas, do minúsculo chihuahua, de 1,5 kg até o dog alemão com mais de 60 kg. Ocorreram tantos cruzamentos que hoje é impossível dizer qual raça está mais próxima do lobo original. Quase todas as raças que vemos hoje surgiram no final do século XIX.

## Tecnologia de transformação — Produzindo transgênicos

A humanidade conhece há séculos técnicas relacionadas ao desenvolvimento de produtos e serviços de interesse dos seres humanos, por meio de processos biológicos. O exemplo mais comum são os microrganismos (fungos e bactérias) usados na produção de pães e de bebidas fermentadas como vinhos e cervejas.

No correr do século XX e início deste século XXI, porém, houve grande avanço nas pesquisas e técnicas. Ao conjunto dessas técnicas deu-se o nome de **biotecnologia**. O conceito moderno de biotecnologia envolve novas técnicas, como a manipulação de material genético (DNA) e a cultura de tecidos de seres vivos, animais ou vegetais.

Por meio de técnicas de engenharia genética como estas, os cientistas conseguem, por exemplo, inserir genes de uma espécie em outra para produzir medicamentos e tornar frutas, verduras ou legumes mais nutritivos e, até, aumentar a produtividade de um cultivo

agrícola. A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias) desenvolve trabalhos nessa área.

Vários produtos derivados da engenharia genética são atualmente comercializados no mundo, entre eles, a insulina humana. A insulina é um hormônio produzido pelo pâncreas e é indispensável para que a glicose entre nas células. As pessoas diabéticas possuem deficiência na produção de insulina, necessitando da aplicação de doses diárias desse hormônio.

Para a produção de insulina por meio da engenharia genética, genes responsáveis por sua produção na espécie humana são inseridos em uma determinada bactéria. Com o novo gene essas bactérias passam a produzir insulina, liberando-a no meio onde estão crescendo. Isolada do meio, essa insulina é embalada e comercializada pelos laboratórios para hospitais e farmácias.

A mesma técnica pode ser utilizada na agricultura e na pecuária. Plantas mais resistentes a pragas e, portanto, mais produtivas, animais que produzem mais leite, mais carne ou que crescem mais rapidamente já vêm sendo comercializados em vários países. Os organismos obtidos a partir de técnicas de inserção de genes de uma espécie em outra são conhecidos como **transgênicos**.

Um dos primeiros produtos geneticamente modificados foi um hormônio de crescimento de animais produzido a partir de bactérias. Esse hormônio é aplicado nos rebanhos bovinos leiteiros aumentando a produção de leite. Na agricultura brasileira os transgênicos vêm sendo utilizados há mais de dez anos. Por exemplo, já existem variedades transgênicas de batata e maracujá resistentes a viroses, arroz com maior qualidade nutricional, algodão resistente a insetos e tomates resistentes a viroses e geadas.

Ainda não conhecemos completamente as consequências do uso de organismos transgênicos em nossa alimentação e dos riscos para

a natureza. Existe um caloroso debate sobre essa questão que ainda deve durar alguns anos.

Por exemplo: certa variedade de soja recebeu o gene de uma bactéria para resistir a um tipo de agrotóxico usualmente utilizado para impedir o crescimento de plantas pioneiras entre as plantas do cultivo. Ao plantar a soja transgênica, os agricultores podem utilizar grandes quantidades desse agrotóxico para controlar o crescimento das pioneiras que invadem as culturas, sem danificar os pés de soja. Entretanto, o uso excessivo desse herbicida, além de contaminar o solo, cursos de água e lençóis freáticos, resulta na seleção de plantas pioneiras resistentes a ele. Assim, são utilizados agrotóxicos cada vez mais fortes e em maior quantidade no ambiente e no alimento consumido.

Como estamos imersos nesse debate, tanto nacional quanto internacionalmente, você deve manter-se atualizado e ampliar seus conhecimentos acompanhando essas discussões e participando delas.

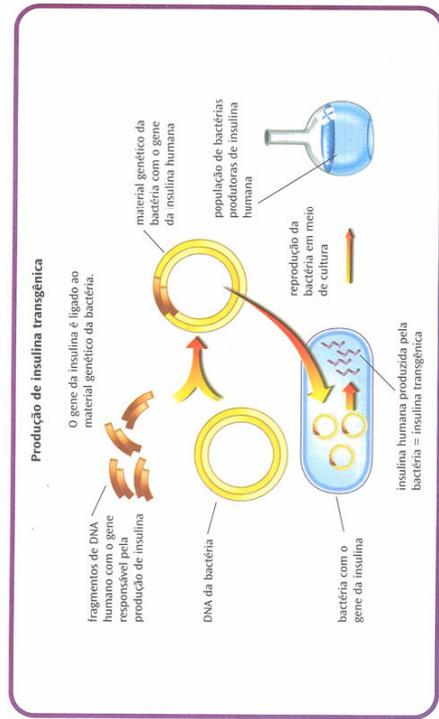


Ilustração esquemática representando a produção de insulina humana por meio de técnicas de engenharia genética.

## Anexo 10 – Texto: Lei não Cura Ninguém

### JORNAL da CIÊNCIA

Órgão da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

#### Notícias

Segunda-Feira, 04 de julho de 2005

JC e-mail 2798, de 27 de Junho de 2005.

#### Lei não cura ninguém

Desde que foi aprovada a Lei de Biossegurança, que regulamenta as pesquisas com células-tronco de embriões humanos, o debate em torno do conceito de vida tem dividido opiniões

Washington Castilhos escreve para a "Agência Fapesp":

Os religiosos acreditam que ela começa na fecundação do óvulo pelo espermatozóide, enquanto que, para a maioria dos cientistas, a vida se inicia com a implantação do embrião dentro do útero.

Para Ricardo Ribeiro dos Santos, da Fundação Oswaldo Cruz, na Bahia, essa discussão é antiga e muito anterior à lei.

"Esse conceito sempre será relativo", afirma. Um dos pioneiros em pesquisas com células-tronco no Brasil, o pesquisador tem uma trajetória de 35 anos com estudos sobre doença de Chagas, a ponto de muito do que se sabe hoje em dia sobre os mecanismos da doença se deve a seu trabalho.

Há quatro anos, Ribeiro começou a trabalhar com células-tronco adultas, o que o levou, em 2003, a iniciar os primeiros transplantes dessas células em 30 pacientes chagásicos. "Houve uma melhora na qualidade de vida dos pacientes e não identificamos qualquer efeito colateral", diz.

Os dados dessa primeira fase provaram que, além de seguro, o tratamento tem eficácia e permite que a doença entrasse no plano do Ministério da Saúde para outro projeto, dessa vez com 1,2 mil pacientes – o maior estudo já feito com células-tronco no mundo.

Paulista, formado em medicina pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em 1968, Ribeiro foi professor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da Universidade de SP, até entrar para a Fiocruz do RJ, em 1989.

Dez anos depois, transferiu-se para o Centro de Pesquisa Gonçalo Moniz, da Fiocruz/Bahia, onde trabalha até hoje no Laboratório de Engenharia Tecidual e Imunofarmacologia.

Em entrevista à 'Agência Fapesp', o cientista fala sobre as novas perspectivas da pesquisa pré-clínica e clínica com células-tronco em doenças degenerativas, dos problemas para uso clínico de células embrionárias e sobre a discussão ético-religiosa em torno do assunto.

Alguns especialistas sustentam que o Brasil precisa decidir qual é a

sua definição para vida, para então poder avaliar até quando é possível interromper o desenvolvimento de um embrião humano para utilização em pesquisas com células-tronco. Como o sr. se posiciona nesse debate?

Ricardo Ribeiro dos Santos - Esse conceito será sempre relativo. Para a Igreja, a vida começa na fecundação. Esse conceito foi estabelecido quando não havia reprodução assistida. A maioria dos cientistas entende como início de vida a entrada do embrião no útero. Potencialmente, tudo é vida. Não temos que ser pragmáticos. O que tem que ser visto é a outra vida que será salva. Eu defendo a pesquisa. Muita gente achou que um monte de doentes seria curado no dia seguinte à aprovação da Lei de Biossegurança, mas essa não vai curar ninguém. Ela prevê o uso para pesquisa de embriões congelados por pelo menos três anos. O que acho estranho é que uma lei para uso de células-tronco embrionárias seja colocada numa mesma lei que prevê a implantação de soja transoceânica.

Como está a pesquisa com células-tronco embrionárias? Quais as perspectivas para uso terapêutico?

- Poucos laboratórios começaram a trabalhar nessa linha. Existem linhagens de células que foram produzidas no exterior. Por agora, não vai sair nada para uso aplicado. Ainda existem riscos, obstáculos a serem superados.

Quais são esses riscos?

- O maior deles, para o uso clínico dessas células, é a sua potencialidade para produzir tumores, como o teratocarcinoma. Outro problema é o controle e a restrição da diferenciação. Na medida em que a célula se diferencia numa célula adulta, ela é reconhecida como estranha e é rejeitada. Fundamentalmente, esses são os dois maiores obstáculos.

Qual a saída para contornar esses obstáculos?

- A solução para a rejeição seria a clonagem terapêutica, que é diferente da clonagem reprodutiva de humanos ou animais. Na clonagem humana, transfere-se o núcleo de uma célula, que pode ser uma célula de um adulto ou de um embrião, para um óvulo sem núcleo. A clonagem terapêutica também é a transferência de núcleos de uma célula para um óvulo sem núcleo, com a diferença que esse óvulo não será transferido para um útero humano. Na transferência de núcleos para fins terapêuticos, as células são multiplicadas em laboratório para formar tecidos. No Brasil, a técnica não está liberada por lei. Na Coreia do Sul, já estão quase passando para uso clínico. Aqui, são várias correntes contra.

Quais as novas perspectivas de terapia com células-tronco adultas?

- Vamos iniciar um programa inédito que é para doenças crônicas do fígado, para pacientes que estão na fila de transplante. Atualmente, você não consegue mais que 10% dos órgãos de que necessita. Devemos começar em breve, no máximo em dois meses. Também já experimentamos o tratamento celular em cinco casos de pessoas que sofreram derrame cerebral. Os resultados são promissores. O uso de células-tronco para doenças degenerativas do sistema nervoso trará grande benefício. E há menos de um mês iniciamos

um projeto que envolve 1,2 mil pacientes que sofrem de problemas cardíacos. O projeto é dividido em quatro ramos: enfarte agudo, crônico, cardiopatia dilatada chagásica e cardiopatia dilatada não-chagásica.  
(Agência Fapesp, 27/6)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)