

CONCEPÇÕES DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO SOBRE CLONAGEM, ORGANISMOS TRANSGÊNICOS E PROJETO GENOMA HUMANO.

CONCEPTIONS OF STUDENTS OF THE HIGH SCHOOL RELATED CLONING, TRANSGENIC ORGANISMS AND HUMAN GENOME PROJECT.

Taitiâny Káríta Bonzanini ¹
Fernando Bastos ²

¹ Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências/ Pós Graduação em Educação para a Ciência/
taity@fc.unesp.br

² Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências/ Pós Graduação em Educação para a Ciência/
bastos@fc.unesp.br

Resumo

O presente relato analisa o levantamento das pré-concepções de uma turma de alunos do 2º. Ano do Ensino Médio a respeito de questões relacionadas à biologia molecular e celular e temas da genética contemporânea. Esse levantamento foi parte de uma pesquisa mais ampla sobre ensino de genética. O instrumento de coleta de dados adotado consistiu em um questionário composto de questões abertas. A análise das respostas a esse questionário nos revelou que a maioria dos alunos traz para a escola pré-concepções sobre determinados assuntos, e isso não pode ser ignorado pelo professor; ao contrário, poderia ser utilizado como ponto de partida para a abordagem dos conceitos de genética básica e de avanços científicos recentes, fornecendo aos alunos a visão da ciência sobre determinados assuntos e os conhecimentos científicos aceitos na atualidade. A genética, sendo uma das áreas básicas das Ciências Biológicas, é fundamental para o desenvolvimento de diversos conceitos relacionados a outros ramos da Biologia; graças aos conhecimentos em genética podemos explicar, por exemplo, os mecanismos de evolução das espécies, entender a fisiologia de vários processos ou os mecanismos de ação de diversas doenças, daí a importância de se explicitar os conceitos básicos de genética e discutir as pré-concepções apresentadas pelos educandos, para que possíveis equívocos sejam resolvidos.

Palavras-chave: Ensino de Genética, Ensino de Biologia, organismos transgênicos, clonagem, Projeto Genoma Humano.

Abstract

The actual report analyses the survey of the preconceptions in a group of students from the 2nd year in High school related to cellular and molecular biology and themes of contemporaneous genetic. This survey was part of a wider research about genetic teaching. The instrument adopted for data collecting consisted of a survey composed by open questions. The analysis of the responses to this survey showed us that most of the students brings some preconceptions about certain matters, and this cannot be ignored by the teachers, on the contrary, it could be used as a starting point for the approach of the concepts about basic genetic and recent scientific advances, giving the students the view of science about certain matters and the scientific knowledge accepted at present. The genetic, being one of the basic areas in Biological Sciences, is fundamental for the development of different concepts related to another branches of Biology, thanks to the genetic knowledge we can explain, for example, the mechanisms of the evolution of species, understanding the physiology of several processes or the mechanisms of action for various illnesses, hence the importance to clear up the basic concepts about genetic and discuss the preconceptions presented by the students, in order to solve possible mistakes.

Keywords: Genetic Teaching, Biology Teaching, transgenic organisms, cloning, Human Genome Project.

INTRODUÇÃO

Há alguns anos, clonar seres humanos e mapear os genes existentes nas células eram assuntos de ficção científica, mas, durante a última década vem ocorrendo um grande avanço nos conhecimentos em biologia celular e molecular, e esse assunto já aparece até mesmo em novelas de televisão. Os *genomas* de diversos organismos têm sido minuciosamente investigados mediante técnicas que permitem o seqüenciamento do DNA (ácido desoxirribonucléico) e outros resultados similares. Há uma crescente quantidade de pesquisas envolvendo experimentos de clonagem. Além disso, estamos rodeados de produtos alimentícios e medicamentos provenientes de organismos geneticamente modificados e de uma infinidade de outros resultados da investigação científica. Tais novidades de natureza científico-tecnológica – espantosas, diga-se de passagem - não ocorrem, porém, num cenário de aceitação pacífica, mas em meio a intensas controvérsias sobre aspectos éticos e, também, em meio a poderosos interesses econômicos e políticos. Assim, diante de tais avanços recentes nas Ciências Biológicas, é impossível admitir que os indivíduos permaneçam alheios às descobertas realizadas e seus múltiplos desdobramentos, e cresce, portanto, a necessidade de a escola e os professores oportunizarem a discussão destes assuntos cada vez mais presentes no cotidiano das sociedades contemporâneas.

Os estudantes de hoje formam parte de uma sociedade na qual as tecnologias genéticas ganham um espaço progressivamente maior. Chegará o momento em que se exigirão decisões pessoais relacionadas aos resultados destas tecnologias e tais decisões serão cruciais nas respostas da sociedade.

Não obstante esse reconhecimento acerca da importância crucial que os saberes em biologia podem adquirir na formação dos indivíduos, há que se considerar os enormes desafios que se colocam para o trabalho educativo na escola, desafios estes que têm sido ressaltados repetidamente pela pesquisa acadêmica sobre ensino de genética, conforme exemplificado a seguir.

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

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

Deadman e Kelly (1978), citados por Bugallo Rodriguez (1995), realizaram uma análise das pré-concepções dos estudantes do ensino secundário a respeito de evolução e herança

de caracteres e constataram que uma inapropriada compreensão a respeito de probabilidade e a ausência de conceitos simplificados sobre herança mendeliana constituem obstáculos para o desenvolvimento de concepções mais elaboradas. Ayuso e Banet (2002) entendem que os meios de comunicação, o ambiente escolar e o ambiente familiar influenciam as pré-concepções dos estudantes, e estas precisam ser consideradas pelo professor, já que, será por meio tais concepções que os alunos interpretarão novos conteúdos e, portanto, elas poderão condicionar as concepções sobre herança biológica e influenciar as aprendizagens posteriores.

Pesquisas realizadas (AYUSO e BANET, 1995; SILVEIRA e AMABIS, 2003) constataram problemas tais como os seguintes: (a) os alunos acreditam que os vegetais não possuem células, genes ou cromossomos; (b) muitos estudantes, mesmo após frequentarem o ensino médio, atribuem significados errôneos a conceitos básicos como cromossomos, genes alelos, mutações; (c) existe a concepção de que as células que possuem material genético se localizam no sangue e no sistema reprodutivo (geralmente masculino), ou seja, muitos alunos não compreendem que todas as células possuem informações genéticas, e não se dão conta do significado de processos importantes como por exemplo a meiose ou os mecanismos de transmissão das características hereditárias; (d) em diversos casos, os estudantes interpretam de maneira equivocada os fenômenos da dominância e da recessividade, e situam genes alelos em um mesmo cromossomo.

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

A respeito das recentes pesquisas na área de biologia celular e molecular, Wood-Robinson e colaboradores (1998) constataram que, apesar de os estudantes terem consciência sobre as implicações dos conhecimentos genéticos para a compreensão das tecnologias genéticas, ou tecnologias do DNA recombinante, e também para a atitude que irão tomar frente ao uso destas tecnologias, possuem pouca familiaridade com termos como mapeamento genético, tecnologia genética, terapia genética e Projeto Genoma Humano.

De acordo com Tavares et al. (2003), para compreender estruturas sub-microscópicas como a molécula do DNA seria necessário contextualizar esse conteúdo em situações diversas, vivenciadas pelos alunos, de forma que pudessem estabelecer relações, por exemplo, entre o DNA e os organismos geneticamente modificados (OGMs). Isso permitiria que as pessoas entendessem melhor as possibilidades de aplicações e implicações tanto da genética básica quanto dos avanços atuais nessa área, evitando alegar ignorância ou rejeitar acriticamente as novas descobertas em genética molecular.

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

Menezes (1996) considera de extrema importância a abordagem de pesquisas científicas atuais em sala de aula, assim como dos problemas sociais, econômicos, tecnológicos, ambientais e éticos envolvidos. Porém o autor ressalta que é preciso apresentar tais problemáticas em “*exercício real*”, ou seja, abordar os temas que estão sendo diariamente apresentados através dos meios de comunicação não apenas num plano geral informativo, mas através de discussões de interesse direto do aluno. Segundo este autor, é importante apresentar a ciência como um instrumento de crítica frente a suas aplicações, como os explosivos nucleares, ou em seus métodos, como determinadas manipulações genéticas, pois diante desses assuntos o posicionamento dos jovens será decisivo.

Finalmente, conforme lembra Amorim (1995), a inclusão, no ensino de ciências, de temas atuais que abordem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade foi proposta desde a

década de 80, mas as abordagens adotadas pelos professores são ainda influenciadas por orientações tradicionais de transmissão de conhecimentos.

Tendo em vista tais desafios, as seguintes indagações nos despertaram o interesse: Que conhecimentos prévios os alunos do ensino médio possuem a respeito de conceitos básicos em genética e áreas correlatas, necessários à discussão de avanços recentes em biologia celular e molecular? Que conhecimentos prévios os alunos do ensino médio possuem a respeito das recentes pesquisas sobre clonagem, organismos transgênicos e seqüenciamento de DNA? Esses assuntos despertam o interesse dos alunos?

A fim de buscar respostas para essas indagações, e verificar se os conhecimentos dos alunos sobre temas de genética contemporânea se ampliam após as aulas de genética, um levantamento foi feito acerca das pré-concepções de alunos do 2º. Ano do Ensino Médio sobre questões relacionadas às pesquisas atuais em biologia celular como: clonagem, organismos transgênicos e Projeto Genoma Humano; examinado-se também algumas noções de genética básica necessárias à discussão dos temas propostos. Esse levantamento foi parte de uma pesquisa mais ampla acerca do ensino de genética (BONZANINI, 2005).

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em uma escola pública de ensino fundamental e médio da região de Bauru (SP).

O instrumento de pesquisa adotado consistiu em um questionário composto de questões abertas sobre temas relacionados a conceitos de genética básica e avanços recentes em biologia celular e molecular. As questões foram propostas no intuito de verificar a efetividade do curso de forma geral, não era do conhecimento da pesquisadora os conteúdos que seriam tratados durante o decorrer das aulas. Portanto, a elaboração das questões também considerou a hipótese de que os alunos poderiam ter tido contato com determinados temas antes das aulas, através da mídia, por exemplo.

Os questionários foram aplicados junto a uma turma de alunos do 2º Ano do Ensino Médio que estaria, ao longo do semestre letivo, iniciando e concluindo seus estudos de genética, sendo que o número de alunos na turma foi de 45 no início do semestre e de 38 no final.

Antes que a professora iniciasse o estudo do conteúdo de genética foi aplicado aos alunos presentes (38 alunos) um questionário de pré-teste composto por 11 questões dissertativas.

Todas as aulas de biologia ministradas a essa turma de alunos durante o segundo semestre de 2004 foram acompanhadas, na forma de observação participante (BONZANINI, 2005), a participação foi bastante limitada, buscando não interferir no trabalho da professora, pois o resultado final deveu-se muito mais às aulas da professora do que à atuação da pesquisadora.

Cabe ressaltar que as aulas de genética foram desenvolvidas de forma tradicional, com conteúdos clássicos, uso de apostila, aulas expositivas, resolução de exercícios; mas, em uma das aulas a professora propôs um trabalho de pesquisa sobre os Organismos Geneticamente Modificados e a discussão sobre os benefícios e prejuízos envolvidos com comercialização, produção e utilização desses organismos.

Ao final do referido semestre letivo um questionário de pós-teste, idêntico ao de pré-teste, foi aplicado junto aos 38 alunos que haviam respondido o primeiro questionário aplicado, com o intuito de verificar as possíveis modificações nos conhecimentos destes.

Para análise os dados foram agrupados pela similaridade de seus conteúdos, pois foram comparados os resultados do pré e do pós-teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma primeira observação a ser relatada é a de que, no dia da aplicação do questionário de pré-teste, os alunos, após concluírem a tarefa que lhes havia sido solicitada, manifestaram grande curiosidade em relação às questões colocadas no questionário, passando a comentá-las com os colegas e a pesquisadora.

Tal observação mostrou que a aplicação de um questionário como o que será aqui descrito pode constituir não apenas um procedimento de pesquisa, mas também uma atividade de ensino, despertando o interesse dos alunos e levantando novas questões.

Para facilitar a comparação, os fragmentos de respostas dos questionários de pré-teste e pós-teste, e uma breve análise dessas respostas, estão representados lado a lado no quadro 1. Notar que, por razões de espaço disponível, nem todos os dados do questionário serão aqui considerados.

Quadro 1: Fragmentos das respostas dos alunos ao pré-teste e pós-teste, agrupados por similaridade, e alguns comentários sobre as respostas dadas.

Pergunta 4 : De seres humanos nascem sempre seres humanos, de gatos nascem sempre gatos e assim por diante. Como isso se explica?	
Pré-teste	Pós-teste
<p>21 (55,2%) alunos justificaram o fato recorrendo à idéia de espécie ou raça: <i>“os seres vivos pertencem a espécies ou raças diferentes e por isso os descendentes serão da mesma espécie do ser que os gerou”</i>; <i>“cada um pertence a uma raça diferente”</i>; <i>“são seres de espécies diferentes”</i>;</p> <p>11 (28,9%) apresentaram respostas do tipo: <i>“o DNA de cada espécie é diferente”</i>; <i>“este fato ocorre devido à genética”</i>;</p> <p>6 (15,7%) afirmaram não saber, ou apresentaram justificativas circulares do tipo <i>“um cachorro não pode nascer de um gato; seria engraçado se um ser humano pudesse gerar um cachorro”</i>; <i>só faltava nascer gato da gente agora!!</i>; <i>“é impossível nascer um animal de uma pessoa!”</i>.</p> <p>O fato dos alunos apresentarem respostas vagas ou pouco detalhadas, como atribuir os fenômenos mencionados simplesmente à "genética", pode estar indicando que estes alunos não possuem noções claras acerca de como as características de uma espécie viva são controladas e perpetuadas.</p>	<p>21 (55,2%) alunos apresentaram respostas mais genéricas ou mesmo circulares, como <i>“as espécies são diferentes; gato é gato e cachorro é cachorro, então como um gato poderia gerar um cachorro?”</i>; <i>“não podemos comparar um humano com um gato”</i>; <i>“porque animais só se relacionam com animais, e seres humanos só com seres humanos”</i>;</p> <p>17 (44,7%) explicaram a questão recorrendo à idéia de diferenças na constituição genética das espécies: <i>“porque os genes das espécies são diferentes”</i>; <i>“as características das espécies são conservadas e passadas de geração a geração”</i>; <i>“são diferentes graças às diferenças nos genes que as espécies têm”</i>; <i>“isso ocorre devido a herança genética”</i>; <i>“porque cada ser tem seu número de genes determinado”</i>.</p> <p>Por essas respostas, constata-se que houve algum avanço quanto a relacionar as idéias de espécie e bagagem hereditária; no entanto, ao que parece, a influência dos conteúdos trabalhados foi limitada, pois a maioria das respostas dadas, assim como no pré-teste, apresenta explicações vagas ou inconsistentes; os alunos não explicaram, por exemplo, o</p>

	que entendiam por “ <i>genes diferentes</i> ”, ou quais seriam as mencionadas diferenças entre a constituição genética das espécies.
<p>Pergunta 5: O trecho a seguir foi retirado de uma reportagem da revista <i>Veja</i> de 05/08/1998: “A clonagem de árvores tem sido feita no mundo todo com dois objetivos: aumentar a produtividade das florestas cultivadas e salvar espécies ameaçadas de extinção em virtude da destruição das matas nativas. Os especialistas já conseguem colher ótimos resultados copiando a partir da mesma matriz, florestas inteiras de <i>Pinus</i> e eucaliptos. A clonagem faz a produção aumentar porque as mudas mantêm as características da planta doadora, sempre selecionada entre as árvores de melhor porte. No processo de reprodução tradicional não é possível obter a mesma uniformidade.” Por que a clonagem mantém as características da planta doadora e isso não ocorre pelo processo tradicional que utiliza sementes?</p>	
Pré-teste	Pós-teste
<p>21 (55,2%) alunos apresentaram respostas próximas aos conceitos científicos aceitos na atualidade a respeito da clonagem, ou seja, muitos alunos associaram a clonagem à “<i>cópia</i>”, a um processo de copiar o doador; assim, apresentaram idéias tais como as seguintes: “<i>o clone é idêntico</i>”; a planta clonada “<i>apresentará as mesmas características da planta doadora</i>”; o “<i>clone é um ser igual ao outro</i>”; a semente possui características diferentes da planta-mãe; na clonagem as características “<i>são duplicadas</i>”; a “<i>clonagem permite selecionar certas características desejadas</i>”; 9 (23,6%) apresentaram respostas divergentes dos conceitos científicos aceitos na atualidade ou apresentaram uma explicação equivocada sobre o assunto, como “<i>a clonagem é feita para as sementes não germinarem</i>”; “<i>a semente cai no chão, se junta com outra, daí se dá a clonagem</i>”; “<i>a clonagem é feita para a planta ser diferente da planta doadora</i>”; 8 (21,05%) declararam não saber explicar o fato.</p> <p>Por essas respostas percebe-se que muitos alunos já possuem concepções a respeito do tema clonagem, e essas concepções são diversificadas. O contato anterior com o assunto em pauta se deve, muito provavelmente, à influência dos meios de comunicação em massa. No entanto, observam-se respostas que podem ser devidas a uma série de confusões (por exemplo, confundir a clonagem com a</p>	<p>27 (71,05%) alunos relacionaram os procedimentos de clonagem à “<i>cópia</i>”, apresentando justificativas do tipo “<i>na clonagem as características são copiadas</i>”; “<i>no processo tradicional que utiliza sementes ocorre uma maior variabilidade e não é possível prever exatamente as características, já na clonagem escolhem-se as características desejadas</i>”; “<i>na clonagem se copia a característica desejada</i>”; “<i>a clonagem é a cópia de algo que já existe</i>”; 11 (28,9%) não chegaram a responder, apresentando respostas como “<i>foi feito um teste de clonagem com arvores e não deu certo, por isso tem usar sementes</i>”; ou simplesmente “<i>não sei</i>”.</p> <p>Nota-se que uma boa porcentagem de alunos (28,9%) ainda não explica por que a clonagem mantém as características da planta doadora; portanto, parece que esses ainda não têm clareza a respeito do significado da palavra clonagem, ou de quais seriam os procedimentos utilizados na realização de uma clonagem.</p>

<p>produção de organismos transgênicos ou a hibridação, quando se diz que <i>a semente cai no chão e se junta com outra</i>). Não há também respostas que expliquem, com base na referência a genes ou genótipo, o porquê da mencionada identidade de características entre os clones.</p>	
<p>Pergunta 6: Na edição de 05/02/2003 a revista <i>Veja</i> trouxe, na página 84, a seguinte reportagem: “O cigarro sem nicotina feito de fumo transgênico, pode ajudar quem quer se livrar do vício. Na semana passada uma empresa de cigarros dos Estados Unidos, a Vector, lançou o primeiro produto sem nicotina. A proeza é resultado do uso de sementes de tabaco geneticamente modificadas, de modo a eliminar o gene responsável pela produção de nicotina.” Você saberia dizer o que é um organismo transgênico? Como é possível se obter um produto transgênico?</p>	
<p>Pré-teste</p>	<p>Pós-teste</p>
<p>16 (42,1%) alunos apresentaram respostas como: “<i>transgênico é um produto geneticamente modificado</i>”; “<i>é um produto feito em laboratório e sofre algumas mudanças</i>”; “<i>um produto transgênico é aquele geneticamente modificado</i>”; 13 (34,2%) declararam que não sabiam o que era um produto transgênico; 9 (23,6%) apresentaram idéias relacionadas a um produto bom ou ruim, como: “<i>é um produto que não utiliza agrotóxicos, venenos, adubos, não utiliza produtos químicos; é um produto melhor</i>”; “<i>é um produto de melhor produtividade e livre de doenças</i>”; outros responderam que “<i>o transgênico faz mal a saúde</i>”; “<i>é um produto mais resistente</i>”; “<i>é um produto que não tem nada de ruim</i>”; “<i>um organismo transgênico é mais produtivo, tem maior qualidade</i>”. Essas idéias podem estar influenciadas pelas notícias da mídia que, na sua grande maioria, apresentam apenas os “prós e contras” do uso de organismos transgênicos, ou uma posição favorável aos benefícios econômicos que podem ser obtidos.</p> <p>Notam-se, nas respostas dadas, algumas possíveis confusões (por exemplo, entre produto transgênico e produto de agricultura orgânica). Além disso, nenhum aluno citou a “mescla” de DNA proveniente de duas espécies diferentes.</p>	<p>26 (68,4%) alunos apresentaram respostas relacionadas a idéia de produto geneticamente modificado: “<i>produto transgênico é um produto geneticamente modificado</i>”; “<i>é aquele que foi geneticamente modificado</i>”; inclusive alguns alunos citaram a “mescla” de DNA provenientes de espécies diferentes: “<i>é possível obter um produto transgênico quando é retirado um gene e colocado outro no mesmo lugar</i>”; “<i>introduz-se genes de outras espécies de animais ou vegetais, formando uma nova sequência de DNA</i>”; “<i>é aquele que tem sua genética modificada, pode se obter um transgênico, por exemplo, misturando genes de um animal com outro para se obter um animal diferente</i>”; 7 (18,4%) relacionaram a questão à idéia de ser algo bom ou ruim: “<i>são produtos que trazem mal para a saúde</i>”; “<i>é um produto que se retira tudo de ruim</i>”; “<i>é um produto que é mais produtivo, melhor, mais saboroso</i>”; 5 (13,1%) não souberam responder.</p> <p>Como mencionado anteriormente, durante o bimestre, a pedido da professora de biologia, os alunos realizaram um trabalho com o tema “organismos geneticamente modificados”, mostrando-se bastante interessados, e levantando vários questionamentos a respeito do assunto. Acredita-se, portanto que esse estudo</p>

	produziu resultados positivos, os quais se refletiram em respostas mais informadas e elaboradas no pós-teste.
Pergunta 7: Hoje em dia o teste de DNA é muito utilizado para se comprovar a paternidade ou a maternidade de uma criança. Este teste também pode ser utilizado para desvendar crimes a partir de um fio de cabelo ou de uma gota de sangue. Mas como é possível fazer um teste de DNA a partir de um fio de cabelo, de uma amostra de sangue ou até mesmo da saliva? Por que o teste de DNA é considerado 99% seguro quanto à comprovação de uma paternidade, por exemplo?	
Pré-teste	Pós-teste
<p>23 (60,5%) alunos apresentaram respostas próximas aos conceitos científicos aceitos na atualidade, tais como “<i>se compara o DNA do filho com o dos pais e o filho é formado pelo DNA do pai e da mãe</i>”; “<i>é considerado seguro porque o DNA do filho é vindo do pai e da mãe</i>”; “<i>é seguro porque nas células estão as características que são recebidas dos pais e da mãe</i>”; “<i>haverá uma mesma seqüência no pai e no filho</i>”;</p> <p>6 (15,7%) alunos deram respostas divergentes dos conceitos científicos aceitos na atualidade, tais como “<i>o exame de DNA comprova se tem o mesmo sangue do pai, se o sangue for diferente então a criança não é filha</i>”; “<i>porque observa se a célula é igual a da outra pessoa</i>”; “<i>porque somente pelo sangue é possível saber se é pai ou não</i>”;</p> <p>5 (13,1%) declararam que não saberiam explicar: “<i>sei que o teste de DNA é o mais seguro mas não sei explicar por que</i>”; “<i>a gente vê esse teste todo dia na televisão mas não sabe como ele é feito e porque ele é confiável</i>”;</p> <p>4 (10,5%) deixaram a questão em branco.</p> <p>Consideramos que, para elaborar respostas relacionadas a esta questão, seria necessário possuir algum conhecimento sobre hereditariedade e transmissão de características de pais para filhos e, nesse momento, muitos alunos não dispunham de tal conteúdo, pois estavam iniciando os estudos sobre genética.</p>	<p>22 (57,8%) alunos apresentaram respostas próximas aos conceitos científicos aceitos na atualidade, tais como “<i>compara-se seqüências parecidas no DNA do pai e do filho</i>”; “<i>o DNA está presente em todas as células do corpo</i>”; “<i>o DNA contém informações exatas sobre as características das pessoas</i>”; “<i>o DNA é herdado metade do pai</i>”;</p> <p>10 (26,3%) apresentaram respostas equivocadas: “<i>cada pessoa tem seu tipo sanguíneo, e tendo outra pessoa com o mesmo tipo sanguíneo só pode ser seu filho</i>”; “<i>compara se o pai apresenta uma anomalia e se o filho também apresenta</i>”; “<i>o teste de DNA revela o tipo sanguíneo das pessoas</i>”; “<i>os DNA de hoje são bem feitos e cada um tem seu tipo de sangue</i>”; “<i>é feito para verificar se existe alguma alteração no sangue da mãe ou da criança</i>”;</p> <p>6 (15,7%) não souberam explicar.</p> <p>Notou-se que não houve grande diferença entre as respostas do pré-teste e do pós-teste. Mesmo após a realização de vários exercícios sobre hereditariedade, propostos pela professora de biologia, os alunos apresentaram respostas pouco elaboradas e demonstrativas de uma série de confusões. É de se destacar, por exemplo, a persistência com que sobrevive a idéia que atribui ao "sangue" um papel fundamental na hereditariedade, inclusive fortalecida, talvez, pela aprendizagem (ocorrida na escola) de que a verificação <i>do tipo sanguíneo</i> pode dar informações sobre paternidade.</p> <p>A superficialidade ou confusão constatada nas respostas do pós-teste</p>

	pode estar relacionada ao fato de que os alunos, em geral, ao lidar com exercícios de genética, tendem a trabalhar de forma mecânica, e não por meio da aplicação de conceitos e raciocínios.
Pergunta 8: Depois de dez anos de pesquisas, em fevereiro de 2001 foi anunciada a identificação do genoma humano pelos cientistas do Projeto Genoma Humano e da companhia privada Celera Genomics. O que você entende por genoma ?	
Pré-teste	Pós-teste
<p>22 (57,8%) alunos responderam que não sabiam o que era genoma, com declarações como: “<i>não faço a menor idéia</i>”, ou “<i>nunca ouvi esta palavra</i>”;</p> <p>9 (23,6%) relacionaram a palavra genoma à palavra genes, justificando: “<i>é algo relacionado aos genes</i>”, ou “<i>genoma pode ser o conjunto de genes</i>”; “<i>genoma deve ser a mesma coisa que gene</i>”;</p> <p>5 (13,1%) deram respostas divergentes dos conceitos científicos aceitos na atualidade justificando: “<i>genoma pode ser um tipo de pesquisa</i>”, “<i>genoma deve ser alguma coisa da vida de uma pessoa</i>”;</p> <p>2 (5,2%) não responderam.</p> <p>Esta questão suscitou muitas dúvidas entre os alunos; ao terminarem de responder o questionário, os alunos indagaram tanto a pesquisadora como a professora: “<i>o que é projeto genoma?</i>”. Muitos estudantes declararam que ouviram a expressão Projeto Genoma Humano pela primeira vez. Estas observações evidenciam a necessidade de se promover a inserção das temáticas atuais ao ensino de genética.</p> <p>Por outro lado, foi interessante notar que o trabalho com questionário despertou a curiosidade dos alunos, podendo, portanto ser aproveitado como estratégia de ensino.</p>	<p>15 (39,4%) alunos declararam que não sabiam;</p> <p>11 (28,9%) relacionaram a palavra genoma a genes: “<i>acho que está relacionado a genes; deve ser alguma coisa relacionada a genes</i>”; “<i>a palavra genoma vem de genes</i>”;</p> <p>6 (15,7%) declararam que não se lembravam;</p> <p>6 (15,7%) apresentaram alguma explicação sobre o projeto: “<i>é um projeto que investiga a constituição genética das pessoas</i>”; “<i>é uma pesquisa sobre os genes</i>”; “<i>é um projeto promissor e audacioso, pode quer conhecer os cromossomos e os genes das pessoas</i>”.</p> <p>Durante as aulas, não foram abordadas questões relacionadas ao Projeto Genoma Humano, e essa pode ter sido a razão pela qual a maioria dos alunos não soube responder à questão colocada.</p> <p>Observa-se nas respostas, porém, um nível mais elevado de informação sobre o tema. Tal resultado pode estar relacionado à intensa curiosidade que a pergunta despertou por ocasião da aplicação do pré-teste, favorecendo que alguma explicação pontual dada pela pesquisadora tenha deixado marcas, ou que os alunos tenham ficado mais atentos ao assunto na mídia no decorrer do semestre letivo.</p>
Pergunta 9: Você acredita que o estudo de genes humanos poderá trazer prejuízos ou benefícios para o homem? Quais?	
Pré-teste	Pós-teste
<p>24 (63,1%) alunos não souberam formular uma opinião a respeito do assunto, apresentando declarações do tipo “<i>não sei dizer se será bom ou ruim</i>”, ou então “<i>não tenho conhecimentos suficientes sobre o</i></p>	<p>22 (57,8%) alunos afirmaram que esse estudo traria benefícios: “<i>pode trazer a cura de muitas doenças</i>”; “<i>trará benefícios como o conhecimento de genes importantes</i>”;</p>

<p><i>assunto para opinar</i>”;</p> <p>8 (21,05%) alunos afirmaram que o estudo dos genes traria benefícios, justificando que “o homem poderia conhecer melhor certos tipos de doenças”; “acredito que será muito bom conhecer nossos genes”; “isso pode trazer a cura de muitas doenças”;</p> <p>3 (7,8%) escreveram apenas que traria prejuízos.</p> <p>2 (5,2%) trouxeram aspectos positivos e negativos: “dependendo do uso que o homem fará dessas informações poderá ser bom ou ruim”; “pode ser bom trazendo a cura de doenças, mas pode trazer coisas ruins também”;</p> <p>1 (2,6%) deixou a questão em branco.</p> <p>Estas respostas evidenciam a importância de se abordar questões polêmicas e aspectos éticos, relacionados aos avanços da genética, a fim de instrumentalizar o aluno para que possa intervir conscientemente na realidade e formular suas opiniões a respeito dessas temáticas.</p> <p>Notar ainda que os alunos não detalharam quais seriam os prejuízos mencionados, provavelmente por não saberem com clareza quais são as novas possibilidades práticas que se abrem a partir do seqüenciamento do DNA humano.</p>	<p>11 (28,9%) declararam que não sabiam responder: “<i>não sei afirmar se o estudo dos genes poderá trazer prejuízos ou benefícios</i>”; “<i>não tenho conhecimentos para opinar sobre o assunto</i>”; “<i>não sei porque não sei como essas pesquisas são feitas</i>”;</p> <p>3 (7,8%) afirmaram que o estudo traria prejuízos: “prejuízos, pois poderão modificar muitas coisas em nós seres humanos”;</p> <p>2 (5,2%) apontaram tanto prejuízos como benefícios: “<i>pode trazer a cura de doenças ou criar novas doenças</i>”; “<i>seria bom conhecer como os genes funcionam porém pode ser feito um uso incorreto dessas informações</i>”.</p> <p>Percebe-se que, ao final de um semestre no qual o conteúdo <i>genética</i> foi abordado, as respostas dadas apresentaram-se um pouco mais detalhadas, no entanto uma porcentagem significativa de alunos (28,9%) declarou ainda não possuir conhecimentos suficientes para opinar a respeito das recentes pesquisas, ou apontar possíveis benefícios ou prejuízos advindos dessas pesquisas. Isso parece indicar a necessidade de que o tema em questão seja explicitamente abordado em aula, caso contrário os alunos pouco avançam em termos de obter novas informações e conhecimentos.</p>
<p>Pergunta 11: Você já leu alguma reportagem sobre clonagem, transgênicos ou projeto genoma humano? Qual a fonte dessa reportagem? (jornal, revista, livro). Após ter lido esta reportagem você ficou com alguma dúvida?</p>	
<p>Pré-teste</p> <p>19 (50%) alunos afirmaram já terem lido sobre o assunto em revistas; destes 2 afirmaram que leram, além de revistas, em livros, 2 responderam que ouviram falar do assunto na escola e 10 declararam que também viram na televisão notícias sobre tais assuntos;</p> <p>12 (32,8%) declararam já terem lido jornal; e 4 deles declararam não se lembrar bem das reportagens lidas;</p> <p>6 (15,7%) escreveram que nunca leram sobre tais assuntos;</p>	<p>Pós-teste</p> <p>17 (44,7%) alunos afirmaram que após ler uma reportagem sobre esses assuntos ficaram com dúvidas;</p> <p>11 (28,9%) afirmaram que não ficaram com dúvidas;</p> <p>8 (21,05%) afirmaram que leram mas não se lembravam de dúvidas;</p> <p>2 (5,2%) afirmaram que nunca leram.</p> <p>Notar que entre o pré-teste e o pós-teste a professora de biologia trabalhou pontualmente com os alunos, durante</p>

<p>1 (2,6%) respondeu que havia perguntado sobre o assunto para um professor; citou, ainda, que têm dúvidas sobre a clonagem, sobre transgênicos e que gostariam de saber o que é projeto genoma humano.</p> <p>Muitos (43,5%) relataram que não entenderam o que leram ou ouviram nas reportagens trazidas pelos meios de comunicação, e mostraram-se curiosos em saber mais sobre esses assuntos.</p> <p>Essa dificuldade de entendimento pode estar relacionada ao fato de que as referidas reportagens, conforme os próprios alunos consultados salientam, dão grande destaque às polêmicas em torno de questões econômicas, políticas e éticas, não abordando com clareza os aspectos científicos dos temas.</p> <p>Pode-se notar, a partir dessas respostas, a grande influência da mídia na divulgação desses assuntos bem como no conhecimento e informações que os alunos possuem; cabe destacar que entre os 38 alunos apenas 2 alunos declaram ter ouvido sobre o assunto na escola; além disso não se pode ignorar o interesse relatado pelos alunos em conhecerem mais profundamente essas temáticas.</p>	<p>duas aulas, um texto sobre organismos geneticamente modificados (essa atividade já foi referida acima nos comentários referentes à pergunta 6). No entanto, conforme dados da observação de aulas (BONZANINI, 2005), a professora, naquela oportunidade, (a) pouco fez em termos de apresentar aos alunos informações adicionais que permitissem uma melhor compreensão do texto, talvez porque ela mesma não possuísse um domínio satisfatório do assunto em questão; (b) pouco interferiu nas discussões sobre o texto, deixando o andamento de tal atividade e as conclusões possíveis a cargo dos alunos; contribuiu para isso, como relatado pela própria professora, o fato de que a educadora <i>nunca havia trabalhado antes com debates em aula</i>.</p> <p>Assim, no momento do pós-teste, os alunos parecem um pouco mais esclarecidos em relação a avanços recentes da biologia, mas afirmam ter tido dificuldades em compreender textos da mídia, e se dizem ainda com muitas dúvidas a respeito de tais temas.</p>
--	---

Nota-se ainda que os alunos consultados, após terem concluído seus estudos de genética, continuam fazendo afirmações sugestivas de concepções alternativas em tópicos de genética básica. Exemplos dessas afirmações são os seguintes (por razões de espaço, não listaremos exaustivamente esses dados): *“as pessoas vivem em locais diferentes por isso são diferentes”* (fatores ambientais constituindo os elementos predominantes ou exclusivos que determinam o fenótipo); repetindo-se geração após geração procedimento de cortar as caudas de ratos de laboratório, haverá um momento em que esses ratos passaram a nascer *“sem rabo”*; laranjeiras originárias de mudas retiradas de uma *“laranjeira-mãe”* serão diferentes desta última, pois *“cada ser que nasce é um”* etc.

Assim, a análise dos dados dos questionários revelou que a maioria dos alunos traz para a escola pré-concepções sobre determinados assuntos, e isso poderia ser utilizado como ponto de partida para a abordagem de conceitos de genética básica e avanços recentes em biologia celular e molecular.

Verificamos também que as concepções alternativas dos alunos sobre diversos assuntos *sobreviveram ao ensino de genética* ou, dito de outro modo, o ensino de genética não foi capaz de fazer com que os alunos construíssem e/ou aprendessem a selecionar as concepções mais adequadas para o contexto de uma avaliação de conhecimentos tal como o questionário de pós-teste.

Em relação a esse segundo problema, é importante nos perguntarmos quais foram as características principais das aulas de genética ministradas aos alunos consultados. De um modo geral, excetuando-se o trabalho de leitura e discussão do texto sobre organismos geneticamente

modificados, as referidas aulas não apresentaram nenhum diferencial em relação ao habitual ensino por transmissão, pois as atividades realizadas se restringiram à cópia de textos colocados na lousa, à leitura de textos do livro didático ou de apostilas montadas pela professora, à apresentação de conteúdos de forma expositiva, à resolução de exercícios de genética de formato típico e à correção na lousa dos exercícios propostos (BONZANINI, 2005).

Tal dado é bastante interessante, pois nos permite hipotetizar que, no caso em estudo, assim como em outros que se possam mencionar (AYUSO & BANET, 2002; BONZANINI, 2005; TRIVELATO, 1988; WOOD-ROBINSON et al, 1998) o ensino por transmissão teve uma eficácia bastante insatisfatória, isto é, o ensino do tema contribuiu bem menos que o esperado para que os alunos fossem capazes de empregar conhecimentos cientificamente válidos em uma série de situações que estão presentes em seu cotidiano.

Notou-se também que os alunos se interessam pelas temáticas contemporâneas, como a clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma, pois demonstraram, em suas respostas, curiosidade em aprender sobre esses assuntos. Evidenciou-se ainda que, apesar de a grande maioria relatar que já leu sobre o assunto, ao serem questionados a respeito de possíveis prejuízos ou benefícios das pesquisas em genética molecular, os estudantes não souberam opinar sobre o assunto. Portanto, a simples leitura de reportagens que abordam tais temas pode não ser suficiente para fornecer informações relevantes que auxiliem um indivíduo em tomadas de posição frente às polêmicas relacionadas às pesquisas recentes em biologia celular e molecular.

Por fim, é interessante destacar que, ao apresentar temas da atualidade, o professor pode favorecer a visão da Ciência como fruto da construção humana e, portanto, suscetível a erros e questionamentos a respeito da validade e aplicabilidade dos conhecimentos produzidos.

Além disso, a genética, sendo uma das áreas básicas das Ciências Biológicas, é fundamental para explicar diversos conceitos relacionados a outros ramos da Biologia e proporcionar a contextualização do ensino que está sendo ministrado.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, A. C. R. *O Ensino de Biologia e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade*. Campinas, 1995. 145 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas.
- AYUSO, E. & BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de la Ciencias*. 20(1):133-157, 2002.
- AYUSO, E. & BANET E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachirellato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias* 13(2):137-153, 1995.
- BOGDAN, R., BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação. Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Coleção Ciências da Educação. Porto Editora. 1994.
- BONZANINI, T. K. *Avanços científicos recentes como temas para o ensino de biologia na escola média: o exemplo do Projeto Genoma Humano*. Bauru, 2002. 180f. Monografia. Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista.
- BONZANINI, T. K. Avanços recentes em biologia celular e molecular, questões éticas implicadas e sua abordagem em aulas de biologia no ensino médio: um estudo de caso. 2005. 185 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005.
- BUGALLO RODRIGUÉZ. A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias* 13(3): 379-385, 1995.
- DEADMAN, J. A. & KELLY, P. J. What do secondary schoolboys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*. 12 (1): 7-15, 1978.
- JUSTINA, L. A. D. *Ensino de genética e história dos conceitos relativos à hereditariedade*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2001.

JUSTINA, L. A. D. E RIPEL, J. L. Ensino de Genética: representações da ciência da hereditariedade no ensino médio. IN: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS 2003, Bauru, São Paulo, 2003. CD.

MENEZES, L. C. (Org.) *Formação continuada de professores de ciências no contexto ibero-americano*. Campinas, São Pulo: Autores Associados: NUPES, 1996 (Coleção formação de professores).

SILVEIRA, R. V.M; AMABIS, J. M. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de organização e localização do material genético? IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Bauru, 2003. CD.

TAVARES, M. C. et al. Uma investigação sobre as concepções dos licenciandos em biologia a cerca das relações entre DNA e transgênicos. IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Bauru, 2003. CD.

TRIVELATO, S. L. F. *Ensino de genética: um novo ponto de vista*. São Paulo, Faculdade de Educação, 1988.

WOOD-ROBINSON et al. Genética y formación científica: resultados de um projeto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Ensenanza de las Ciências*. 16 (1): 43-61, 1998.