

O CONCEITO MOLECULAR CLÁSSICO DE GENE COMO OBSTÁCULO PEDAGÓGICO NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE GENÉTICA

THE CLASSICAL MOLECULAR GENE CONCEPT AS A PEDAGOGICAL OBSTACLE IN GENETICS EDUCATION

Lucio Ely Ribeiro Silvério - CAp/UFSC – lsilverio@hotmail.com
Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli – PPGECT/UFSC – sylviarpm@gmail.com

Resumo

Este texto trata da possibilidade de caracterizar algumas dificuldades no ensino e aprendizagem de genética escolar, a partir de aportes da epistemologia de Gaston Bachelard e suas repercussões na formação dos estudantes do ensino médio. Discute como um obstáculo pedagógico (BACHELARD, 1996) pode ser identificado na veiculação do “conceito molecular clássico de gene” e na caracterização dos cromossomos. A manifestação deste obstáculo parece se evidenciar nos resultados das investigações sobre resolução de problemas em genética mendeliana, realizadas com estudantes do ensino médio. Estratégias didáticas consagradas no ensino de genética, como a resolução de problemas, quando usadas acriticamente podem fortalecer tais obstáculos. Desta forma, argumenta-se que a preocupação epistemológica com o que se ensina em genética escolar, além de por em evidência a natureza do conhecimento científico, pode ajudar a superar as dificuldades de fragmentação e contextualização relativas a este assunto.

Palavras-chave: ensino de genética, conceito de gene, obstáculo epistemológico, Bachelard.

Abstract

This text deals with the possibility of characterizing some difficulties in teaching and learning genetics education, considering the epistemology of Gaston Bachelard and its impact on high school students' education. It is shown how a pedagogical obstacle (BACHELARD, 1996) can be identified in the appropriation of the “classical molecular gene concept” and at the characterization of chromosomes. The existence of this obstacle seems to be evident in the results of researches on solving problems in Mendelian genetics with high school students. Recognized didactic strategies in genetics education such as problem solving, when used uncritically, can strengthen these obstacles. Thus, it is argued that the epistemological concern with the issues in genetics education can make evident the nature of scientific knowledge, and help to overcome the problems of fragmentation and lack of context on this subject.

Key words: genetics education; gene concept; epistemological obstacle; Bachelard.

Introdução

Impulsionado pela divulgação científica e por outros mecanismos da mídia que popularizam o conhecimento genético, o ensino de genética escolar tem assumido considerável responsabilidade na alfabetização científica de jovens e adultos. Os avanços da biotecnologia veiculados na imprensa podem servir de “porta de entrada” para discutir e caracterizar as relações entre o conhecimento científico e suas aplicações, com repercussões éticas na sociedade e no cotidiano da sala de aula. Espera-se que o ensino de genética nas escolas capacite os estudantes a compreender aspectos relativos à legitimação e aplicação desse conhecimento, tanto em seu crescimento pessoal como social.

Contudo, ao tratar temas ligados ao ensino de genética, a perspectiva pedagógica hegemônica nas aulas leva em conta aquilo que tradicionalmente sempre foi ensinado, sem questionar adequadamente sua relevância para a vida dos estudantes. Também não considera valor uma atitude de desconfiança que seja resultado da prática reflexiva do professor, quando se questiona “para que” ensinar isto ou aquilo, ou ainda, “o que” ensinar agora ou depois. Essa “certeza” quanto ao conteúdo que deve ser ensinado no ensino médio materializa-se nos programas de ensino de biologia e em suas sequências didáticas, herdada de um modelo didático que privilegia aspectos dos conceitos científicos desvinculados de seus significados e de sua história, ou seja, um *conteúdo desumanizado*.

Exemplo desta situação na genética escolar pode ser observado no tratamento dispensado ao conceito de gene nos mecanismos que explicam a hereditariedade e que são veiculados no ensino médio. O livro didático, muitas vezes usado como única referência para organização dos conteúdos escolares, trata este assunto de forma linear e dogmatizada. Em muitos destes manuais persiste uma visão da atividade científica como fenômeno contínuo e sequencial e das teorias como produtos acabados de determinados gênios (BORGES, 2004).

As conseqüências deste tratamento dogmatizado dispensado às diversas definições que explicitam conceitos científicos particulares desarticulam as relações necessárias entre os conceitos da genética e sua apropriação pelos estudantes, levando-os a não refletirem sobre sua construção no contexto da ciência e sua apreensão na sala de aula.

Como, então, promover uma articulação mínima necessária entre os conceitos produzidos no contexto da ciência genética e suas relações com a didatização e veiculação no contexto do ensino médio de biologia?

Muitas das dificuldades na área de ensino de genética têm sido apontadas em trabalhos científicos, em geral, associados à preocupação sobre a intervenção da ciência na sociedade. No discurso dos pesquisadores desta área, ressaltam-se três aspectos que se interpõem neste contexto: i) a abordagem fragmentada; ii) a abordagem descontextualizada; iii) a abordagem desatualizada (SARDINHA et al., 2009).

Outras dificuldades levantadas se referem ao processo de aprendizagem da estrutura lógica dos conteúdos conceituais, seu nível de exigência formal e a influência dos conhecimentos prévios e preconceções dos alunos neste terreno (CAMPANARIO & MOYÁ, 1999) ou o estudo da genética mendeliana em detrimento da genética moderna (JUSTINA & FERRARI, 2010).

Os conteúdos da genética escolar se apóiam fundamentalmente em torno de um conceito central: o *gene*. Este conceito é abordado de diferentes formas na biologia e está entre os tópicos que apresentam maior dificuldade de compreensão pelos alunos, devendo compor o “vigamento conceitual” dispensado no tratamento didático dos professores à genética básica (JUSTINA & FERRARI, 2010). Estas autoras argumentam que “a compreensão do conceito de gene é imprescindível para o entendimento da genética” e tratam esta conceitualização dentro de um contexto mais abrangente, relacionando-a à discussão de temas significativos para o entendimento do “fluxo da informação genética, bem como das novas tecnologias” (JUSTINA & FERRARI, 2010, p.57).

Pensando neste cenário, a questão que fundamenta este texto reflete a possibilidade de identificar, na origem epistemológica, alguns obstáculos à apropriação do conceito de gene e à compreensão da estrutura dos cromossomos na genética escolar, aspectos essenciais para um entendimento dos mecanismos hereditários.

A premissa geral é de que na raiz de tais dificuldades encontra-se aquilo que Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) tratam como a *dimensão epistemológica das interações* e a *dimensão didático-pedagógica das interações* na relação entre o conhecimento e a sala de aula, neste caso, caracterizado pela desvinculação entre aluno, enquanto sujeito cognoscente, e o conhecimento genético didatizado.

Em função deste quadro, este texto problematiza algumas situações observadas no ensino-aprendizagem de genética escolar relacionadas à apreensão de conceitos e busca entender de que modo se apresentariam como um verdadeiro obstáculo pedagógico (BACHELARD, 1996) a ser superado na prática docente. Assim fazendo, argumenta-se que a aproximação contínua entre a filosofia e a história da ciência da didática da genética nas escolas pode instrumentalizar um ensino mais integrado e contextualizado nesta área.

O obstáculo pedagógico e a genética escolar

Na medida em que o conhecimento científico elaborado necessita ser transposto para ser ensinado nas aulas de genética (como o conceito de gene, por exemplo), ele passa por diversas modificações na sua natureza para ser didatizado e compreendido por estudantes que não são cientistas. Isto provoca mudanças significativas no seu *mínus* social, as quais precisam ser levadas em conta, de tal modo que não venham a descaracterizar o conhecimento do qual está tratando e nem perder de vista a complexidade do objeto original da ciência.

Este processo, em si mesmo, já se encontra carregado de complexidade e intencionalidade, pois se submete às distintas normativas que as políticas educacionais preconizam para permitir sua apropriação pelos estudantes. Conceitos são elaborações resultantes de um processo histórico e carregam consigo as marcas dos inúmeros conflitos inerentes à sua construção.

Neste aspecto, a epistemologia tem papel importante ao orientar a reflexão quanto à natureza e o contexto de produção do conhecimento em questão. Tal consideração também deve estar presente no tratamento que o professor dispensa ao conhecimento didatizado, refletido na escolha dos materiais pedagógicos e nas práticas de ensino consideradas para tal finalidade.

Quando o conhecimento científico adquire status de conteúdo escolar, precisa ser cognitivamente estruturado pelo aluno e deve permitir que ele substitua continuamente as representações que tem de sua realidade e do mundo, a partir deste novo contexto. Melo (1999) considera as dificuldades que esta transposição traz consigo e sustenta que a motivação do aluno para aprender conteúdos científicos depende dele dar sentido ao que está estudando. Assim, torna-se importante detectar as dificuldades que enfrentam para tornar significativo o que estudam.

Matthews (1995) considera que a aproximação da história e da filosofia da ciência podem ser aliadas nesta tarefa. Segundo este autor, elas podem “tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, desse modo, o desenvolvimento do pensamento crítico”. Nesta perspectiva, conclui ele, tal aproximação contribuiria para a “superação do ‘mar de falta de significação’ que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Alguns autores citados por Bonito (2007), como Giordan e Vecchi (1988) e Duschl (1990/1997) também destacaram o papel da epistemologia e da história da ciência como suporte teórico para detectar as dificuldades de aprendizagem existentes num determinado

campo do conhecimento ou para orientar as estratégias didáticas para suprimi-las. Bachelard (1996) também chama atenção para a intrínseca relação que existe entre o conhecimento científico e a dimensão da educação científica. Sua preocupação com este fenômeno foi relatada em seu livro “*A formação do Espírito Científico*”, de 1938. Nele, o autor fundamenta sua perspectiva descontinuista da história da ciência, expressa entre outras coisas, pela concepção de *obstáculo epistemológico*. Nas palavras do epistemólogo:

(...) é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. (BACHELARD, 1996, p. 17).

Na genética, por conta deste *imperativo funcional*, uma das causas de *lentidões e conflitos* do espírito científico não estaria ligada diretamente ao conceito de gene? Esta não seria uma das *causas de inércia*, cujo efeito aparece no “tratamento monolítico” dispensado a este conceito no ensino e aprendizagem da genética escolar?

Bachelard sustenta também a necessidade de os professores conhecerem as concepções espontâneas dos alunos, caracterizando a problemática do *obstáculo pedagógico* como entraves que “impedem o professor de entender por quê o aluno não compreende” (LOPES, 1996). Neste sentido, estariam as dificuldades relativas à apropriação do conceito de gene pelos estudantes ligadas a um tipo de obstáculo específico, a uma combinação entre eles ou haveria preponderância de determinado tipo?

Nesta perspectiva, o ensino de genética pode articular algumas contribuições desta epistemologia para entender a complexa trama dos obstáculos ligados a educação científica. Aqui se destacam algumas delas: i) a preocupação em analisar epistemologicamente o que se ensina aos estudantes; ii) o papel do erro no processo de ensino e aprendizagem; iii) a necessidade de ruptura com um modelo pedagógico que privilegie a razão coercitiva, em função da busca da razão histórica, aberta e retificável (LOPES, 1996).

Considerar a necessidade de tratar epistemologicamente o que se ensina é essencial à compreensão deste novo espírito e ajuda a refletir sobre as perguntas propostas acima. Neste sentido, cabe ao professor de qualquer nível de escolaridade, um espírito de permanente estado de alerta epistemológico. Por quê? Porque em seu papel como mediador, precisa ter alguma consciência da distância real entre um objeto da ciência (por exemplo, o gene) e a natureza do conhecimento histórico produzido acerca deste objeto. E mais, precisa ter algum esclarecimento quanto às relações didático-pedagógicas que se constroem na interação entre este conhecimento e o sujeito cognoscente a quem se destina (aluno).

Historicamente, parece que não é isto que acontece com grande parte dos docentes e, também, em muitos cursos de formação de professores, onde temas da didática das ciências são pouco valorizados e se ensina os acadêmicos (futuros professores) como se fossem aprendizes de cientistas ou técnicos especializados. Logo, é de se esperar que esta consciência quanto ao objeto didatizado não se manifeste nas aulas que ministra, quando da intermediação do conhecimento científico com seus alunos.

É imperativo considerar que o gene e sua conceitualização, pressupostos fundamentais no ensino de genética, são na realidade objetos complexos para a ciência e precisam ser entendidos em sua historicidade. Estruturas microscópicas como cromossomos e o modelo molecular do DNA não podem ser apresentados de forma descontextualizada, como objetos prontos ou acabados.

O tratamento didático adequado que deve ser dispensado a tais objetos, considerando sua ontologia, envolve a didática da ciência, os manuais científicos e a participação crítica dos

próprios professores, problematizando e organizando atividades de aprendizagem que considerem tanto a teoria científica hegemônica que os explica quanto os processos de produção de tais explicações.

Este exercício permanente de vigilância epistemológica poderia, quem sabe, ajudar o professor a acessar e superar alguns de seus obstáculos pedagógicos inconscientes, oriundos de sua formação inicial. Esta dinâmica é necessária para formar o novo *espírito científico* que Bachelard chama atenção não só para os cientistas, mas também para quem ensina ciências.

Outro aspecto importante na perspectiva bachelardiana tem relação com o papel pedagógico do erro no processo de educação científica. É importante entendê-lo como parte intrínseca do caminho de racionalidade crítica que deve fundamentar o conhecimento científico. Na dimensão das relações didático-pedagógicas, o erro pode ser uma força motriz no questionamento e na transformação do modelo explicativo que o aluno traz consigo quando estuda ciências (obstáculo da opinião). Para que isto ocorra, é preciso mobilizá-lo na busca de novas explicações que respondam coerentemente a situações (problemas) que suas atuais convicções não dão conta de resolver.

Todavia, o gerenciamento das situações didáticas não garante o acesso às funções cognitivas que confrontam o modelo explicativo interno e próprio de cada um. Muitas vezes, o que predomina é a visão depreciativa do erro, com reflexos na auto-estima e no desejo de aprender do estudante. Pesquisas em ensino de genética têm demonstrado que a repetição de exercícios, com finalidade quase que exclusiva de memorização de conceitos ou reforço na aplicação de algoritmos pouco significativos, tem se mostrado ineficazes para provocar esta alteração cognitiva, além de perpetuar erros conceituais.

Bachelard considera a necessidade de uma psicanálise especial para educador e educando, visando superar uma relação professor-aluno que pode assumir caráter patogênico. Assim, afirma ele, se o desejo de progresso do espírito científico existe, “detectar os obstáculos epistemológicos é um passo para fundamentar os rudimentos da psicanálise da razão” (BACHELARD, 1996, p. 24).

Para o professor, essa “*catarse afetiva e intelectual*” se reflete na sua prática pedagógica. Uma mudança que é, antes de tudo, uma consciência epistemológica e trata da necessidade de romper com um modelo didático que privilegia a razão coercitiva, em detrimento de uma razão histórica, aberta e retificável. Lopes (1996) afirma que a filosofia bachelardiana se contrapõe à tradição da racionalidade enquanto “recurso monótono às certezas da memória”, “ao racionalismo com gosto escolar, da forma que tem feito a escola, alegre como porta de cadeia” (LOPES, 1996, p. 269).

Distintos aspectos da genética escolar podem ser favorecidos com a aproximação da epistemologia bachelardiana, da compreensão do papel da contextualização histórica do conhecimento a busca por esta nova racionalidade no tratamento de seus conceitos. Parece especialmente importante acenar que esta interação condiciona práticas docentes que estejam em sintonia com determinada compreensão acerca da natureza do conhecimento.

Identificando os obstáculos...

Em um artigo sobre as contribuições da epistemologia de Bachelard à pesquisa em ensino de ciências, Martins (2007) chama atenção para a atualidade do pensamento deste filósofo, expressa nos recentes trabalhos da área, e considera oportuno resgatar criticamente as noções de obstáculo e de perfil epistemológico. Giordan e Vecchi (1988), citados por Bonito (2007), partem das idéias de Bachelard para considerar que a identificação dos obstáculos epistemológicos pode ser um elemento importante na transformação do ensino das ciências.

No entanto, a noção de obstáculo epistemológico ligada a determinados conceitos em genética escolar não parece ser um tema muito explorado na literatura da área. Algumas referências

específicas sobre o assunto aparecem no trabalho de Anjos (2005), Lopes et al (2005), Fabrício (2005).

Justina e Ferrari (2010) apontam alguns resultados de pesquisas realizadas no Brasil e no exterior que mostram uma compreensão limitada dos estudantes de estruturas e conceitos básicos de genética, tais como: o que é o gene e qual a sua localização física. E perguntam se estas pesquisas poderiam explicar “por que muitos estudantes podem completar quadros de Punnett¹, mas tem dificuldade com o conceito de herança ligada ao sexo, que requer algum reconhecimento de que os genes ficam situados nos cromossomos.”

Em dois estudos muito representativos para a genética escolar, Lewis, Leach e Wood-Robinson (2000a, 2000b) avaliaram o conhecimento e a compreensão de jovens do ensino médio acerca dos genes. Embora boa parte dos estudantes demonstrasse saber seu papel, os autores indicam que falta compreensão básica do que um gene é, onde se localiza especificamente e como se relaciona com as outras estruturas celulares. Estudos mais recentes feitos por Silvério e Maestrelli (2005) confirmaram esta perspectiva. Justina e Ferrari (2010) também relatam dificuldades semelhantes.

No ensino tradicional da genética escolar dissemina-se o modelo molecular clássico de gene como conceitualização científica (única) para este objeto (gene). Acentua-se, desta forma, uma visão “monolítica” do gene como uma entidade, em detrimento de uma concepção que trabalha com uma conceitualização dialetizada.

Partindo de uma introdução à genética mendeliana, os alunos aprendem a simbolizar os genes por meio de letras e passam a resolver problemas sobre os diversos tipos de herança mendeliana por eles condicionados. A análise do processo de resolução de problemas em genética mendeliana no ensino médio revela que grande parte dos alunos usa o conceito clássico de gene mais pela força da memorização do que pela compreensão de seu significado. Isto pode ser evidenciado quando se pede ao aluno que, após realizar esta atividade, desenhe o cromossomo envolvido e localize, hipoteticamente, o gene de que trata o problema (SILVÉRIO, 2005).

Os desenhos mostram que é muito comum entre os alunos a representação dos cromossomos pela forma de um “X”, pois esta imagem é frequentemente usada pelos professores nas aulas e muito encontrada em muitos livros didáticos. Acontece que esta representação pode induzir a erros, quando se objetiva localizar nela os genes envolvidos (simbolizados por letras). Assim, ao desenhar cromossomos da forma como podem ser vistos ao microscópio (duplicados), aparecem dificuldades em distinguir cromátides-irmãs² de cromossomos homólogos³, sendo “normal” os alunos localizarem alelos⁴ diferentes em cromátides irmãs e não em cromossomos homólogos; ou ainda, uma cromátide com informação e a outra não, além de alelos de um mesmo par localizados na mesma cromátide. Situações semelhantes também são retratadas na literatura nos trabalhos de Ayuso e Banet (2002).

Desta forma, o aluno memoriza um tipo de conceito e o aplica como um algoritmo quando resolve problemas de genética. Sua familiaridade com o modelo explicativo é desenvolvida e fortificada a partir dos próprios modelos construídos pelo professor em aula, quando resolve problemas típicos de genética e não discute os profundos conflitos que o conceito de gene carrega consigo e que estão subjacentes a esta resolução.

O que os inúmeros trabalhos indicam é que os alunos, ao dominarem razoavelmente a simbologia genética, se tornam capazes de resolver problemas que envolvem o conceito representado apenas por letras, mas não transferem seu significado para outros contextos onde são necessários, como quando precisam localizar os genes em estruturas como os

¹ Algoritmo usado para resolver exercícios de genética básica.

² Nome dado aos filamentos de DNA duplicados antes da divisão celular e unidos pelo centrômero.

³ São cromossomos que apresentam a mesma morfologia e que carregam os mesmos genes.

⁴ Diferentes formas de um mesmo gene.

cromossomos. Assim, ao utilizar perguntas qualitativas relacionadas à situação que envolve o problema que o aluno resolve, é possível expor alguns dos graves problemas de conceitualização que um ensino por transmissão acarreta.

Joaquim e El-Hani (2010) afirmam que os genes se tornaram objetos epistêmicos, considerando a grande plasticidade que envolve este termo e que deve ser definido pelo contexto experimental em que é usado. Na visão destes autores, entendê-lo como um “segmento de DNA” tem suas raízes nas compreensões do conceito construídas ao longo do século XX e pode ser fator relevante no “quadro conceitual das dificuldades que enfrentamos para dar conta da complexidade e da dinâmica do genoma” (JOAQUIM & EL-HANI, 2010, p.123).

Em Solha e Silva (2004) o conceito de gene pode ser interpretado a partir da lógica formal e da lógica dialética. Na primeira perspectiva, o conceito de gene é bem definido e não contraditório, onde aparece a idéia de “um gene – um caráter”, “um gene – uma cadeia polipeptídica” ou “um gene – uma sequência de DNA”. Acontece que, muitas vezes, uma sequência é um gene e outras vezes não é. Assim, tal definição já não dá conta daquilo que o gene realmente é. Por isso, argumentam estes autores, o conceito de gene deve ser informado a partir de uma lógica dialética, pois ela seria mais apropriada para entender a complexidade deste fenômeno. Esta lógica consideraria o conceito de gene mais do ponto de vista de um “processo molecular de desenvolvimento” do que como uma entidade fixa (SOLHA & SILVA, 2004, p. 63).

Assim, o que um gene é assume um status de conceito em transformação. Bachelard diria: “numa mesma época, sob a mesma palavra, coexistem conceitos tão diferentes! O que engana é que a mesma palavra tanto designa quanto explica. A designação é a mesma; a explicação é diferente” (BACHELARD, 1996, p. 22).

Nesta relação, em que pesa a veiculação e a “didatização” do conceito de gene de um espaço/tempo distinto daquele em que foi criado, parece haver condições para considerar a existência de um *obstáculo pedagógico*, identificado em seu aspecto funcional, quando se observa o tratamento deste conceito nos processos de ensino e aprendizagem de genética escolar. Obstáculo este que, inclusive, pode se manifestar sob diferentes matizes, levando em conta a possibilidade de sua especificidade em casos próprios da aplicação do conceito de gene. Assumiria, por exemplo, o contorno de um *obstáculo verbal* a representação do cromossomo pela figura de um “X” adotada pelo professor no ensino da genética escolar, pois possibilita uma compreensão incorreta da posição do gene no cromossomo, induzindo o aluno ao erro.

Para Bachelard, o obstáculo verbal demonstra como o espírito pré-científico se deixa levar com facilidade pelas generalizações indevidas e considera o caso em que uma *única imagem*, ou mesmo uma única palavra pode substituir toda uma explicação (BACHELARD, 1996). Em suas palavras: “Uma ciência que aceita 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).

Embora seja frequente identificar cromossomos por esta imagem, a percepção de que ela permite compreender a relação dos cromossomos com os genes em sua estrutura físico-química, se torna seriamente comprometida. Uma imagem frequente e duradora que, por si só, tem força para explicar a relação cromossomo-gene facilmente induzirá a erros os estudantes que não souberem utilizá-la corretamente. Ao resolver problemas em genética mendeliana, o aluno pode manifestar este obstáculo verbal, ao explicar como resolve determinadas situações propostas pelo professor. Por outro lado, o uso acrítico desta importante estratégia de ensino da genética escolar pode, ao contrário do que se espera, reforçar determinados erros e concepções.

A identificação de obstáculos epistemológicos ligados à didática da genética escolar pode ajudar, como já foi dito, a pensar sob nova perspectiva a solução para problemas recorrentes no ensino e aprendizagem na área. Todavia, não deve ser desprezível também o peso dos obstáculos pedagógicos neste cenário. Por sua vez, eles aparecem ligados à prática docente e são, muitas vezes, incorporados durante a formação inicial do professor.

Na perspectiva da catarse afetiva e intelectual considerada por Bachelard, situa-se a necessidade de analisar epistemologicamente o que se ensina aos alunos, expressa em uma atitude de vigilância crítica quanto à natureza do conhecimento científico produzido e que deve ser veiculado na escola.

Considerando a possibilidade de identificação dos obstáculos na genética escolar, é necessário compreender esta manifestação como processo que resulta da forte interação entre diferentes tipos de obstáculos epistemológicos em um contexto complexo, como o campo da educação científica. Este fato traduz a dificuldade em delimitar a prevalência de um tipo particular de obstáculo sobre o outro, pois, como afirmou Bachelard, é “próprio do obstáculo epistemológico ser confuso e polimorfo” (BACHELARD, 1996, p. 26).

A título de conclusão...

Ao longo deste texto articulamos algumas reflexões sobre as dificuldades atuais da abordagem da genética na escola, ligadas à sua fragmentação e descontextualização, à estrutura lógica dos seus conceitos, ao nível de exigência formal dos mesmos e à influência dos conhecimentos prévios dos alunos. Neste caminho, procuramos organizar elementos que buscavam, de um lado, compreender tais dificuldades, e de outro, argumentar que o foco de algumas destas dificuldades poderiam estar associadas à falta de uma aproximação da genética escolar com a filosofia e história da ciência.

Deste modo, o diálogo que se pode estabelecer com a obra de Bachelard serve de referência para pensar alternativas a tais dificuldades. Duas possibilidades que parecem se mostrar profícuas estão ancoradas na possibilidade de identificar e tratar obstáculos epistemológicos no contexto da didática da genética e conscientizar o professor acerca dos possíveis obstáculos pedagógicos que se incrustam em sua prática docente.

No caso em questão, tais abordagens se dariam através da valorização do conceito de gene sob a perspectiva de uma lógica dialética, em contraposição à idéia monolítica que acompanha este conceito na tradição da genética escolar e, do ponto de vista da conscientização dos obstáculos pedagógicos, um processo de vigilância epistemológica constante quanto ao que se ensina sobre o assunto através da veiculação de pesquisas relativas à epistemologia, especialmente nos cursos de formação de professores (inicial e continuada).

Seguramente, o fato de os alunos usarem um conceito através de sua memorização não caracteriza um obstáculo epistemológico em si. Não se trata também de generalizar erros pontuais e buscar sua raiz epistemológica, mas, a partir de inúmeras investigações sobre o tema, perceber que a emergência de uma série de dificuldades parece ter suas origens na interpretação sobre a natureza deste conhecimento científico, e como as conseqüentes escolhas didáticas que advêm daí repercutem no espaço/tempo da sala de aula. Os impactos desta relação se configuram no campo daquilo que Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) apresentam como a relação necessária entre a dimensão epistemológica e a dimensão didático-pedagógica das interações do conhecimento e a sala de aula.

Talvez elas se manifestem como a ponta de um “iceberg”, ou seja, a materialização da dimensão epistemológica a partir daquilo que é visível no cotidiano da sala de aula. Em suas profundezas, se encontram as marcas de uma transposição didática que não considera critérios epistemológicos na escolha e articulação dos diversos conhecimentos científicos a serem

estudados e uma formação inicial docente descontextualizada e fragmentada, que não favorece a reflexão sobre a natureza do conhecimento de seu trabalho pedagógico.

Vista desta forma, a obra de Bachelard se valoriza e pode demonstrar sua força aproximando a filosofia e a história da ciência da didática da genética, potencializando sua contextualização e servindo como mola propulsora para uma catarse afetiva e intelectual do professor em sua prática docente, rumo a uma razão histórica, aberta e retificável e que coloca o professor na perspectiva da “dialética do educador-educando”. Como afirmou outrora Dagognet (1965): “a ciência reclama a troca dos papéis (professor-aluno), portanto, em todos os sentidos, a diversidade e a mobilidade. Não se trata nunca de assegurar a razão, mas de a inquietar” (DAGOGNET, 1965, p. 30).

Referências

ANJOS, C. R. **Educação problematizadora no ensino de biologia com a clonagem temática**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. 2005.

AYUSO, E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BORGES, J. C. F. **Conceito de hereditariedade: diferentes concepções no interior do contexto social**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, Brasil. 2004.

BONITO, J. **Da nova filosofia da ciência ao ensino de ciência**. 2007. Disponível em: http://dspace.uevora.pt/otit/bitstream/10174/1334/1/Bonito_08.pdf>. Acesso em 30/set./2010.

CAMPANARIO, J. M.; MOYA, A. Cómo enseñar ciencias? principales tendencias y propuestas. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 179-192, 1999.

DAGOGNET, F. **Bachelard**. São Paulo: Edições 70, 1965.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**, São Paulo: Cortez Editora, 2007.

FABRÍCIO, M. F. L. Obstáculos à compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru. **Atas...**, 2005.

JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae Studia**, v.8, n.1, p.93-128, 2010.

JUSTINA, L. A. D.; FERRARI, N. **A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico**. Cascavel: Edunioste. 2010.

LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. All in the genes? Young people's understanding of the nature of genes. **Journal of Biological Education**, v.34, n.2, p. 74-79. 2000a.

LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. What's in a cell? Young people's understanding of genetic relationship between cells, within an individual. **Journal of Biological Education**, v.34, n.3, p. 129-132. 2000b.

LOPES, A. R. C., Bachelard: o filósofo da ilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n. 3: p. 248-273. 1996.

LOPES, F. M. B.; MATOS, A.; JOFILI, Z. M. S.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. Obstáculos à apropriação dos conceitos de ciclo celular por alunos do Ensino Médio. V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru. **Atas...**, 2005.

MARTINS, A. F. P. Algumas contribuições da epistemologia de Gastón Bachelard à pesquisa em ensino de ciências. X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2006, Londrina. **Anais...**, 2006.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 12(3), p. 164-214, 1995.

MELO, G. N. Diretrizes curriculares para o ensino médio: por uma escola vinculada à vida. **Revista Iberoamericana de Educação**, n. 20, Maio/Agosto, 1999.

SARDINHA, R.; FONSECA, M.; GOLDBACH, T. O que dizem os trabalhos dos anais dos encontros nacionais de pesquisa em ensino de ciências sobre o ensino de genética. VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis: UFSC, **Atas...**, 2009.

SILVÉRIO, L.E.R. **A resolução de problemas em genética mendeliana**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2005.

SILVÉRIO, L.E.R.; MAESTRELLI, S.R.P. A resolução de problemas em genética mendeliana. V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru: UNESP, **Atas...**, 2005.

SOLHA, G. C. F.; SILVA, E. P. Onde está o lugar do conceito do gene? Porto Alegre: **Episteme**, n.19, p. 45-68, Jul/Dez, 2004. Disponível em: <http://www.ilea.ufrgs.br/episteme>. Acesso em: 30/Set./2010.