

Uma investigação com graduandos da licenciatura em Ciências Biológicas sobre a relação genótipo-fenótipo na perspectiva da epistemologia de Gaston Bachelard

Lourdes Aparecida Della Justina¹ e Ana Maria de Andrade Caldeira²

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil. ²Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, Brasil. E-mails: lourdesjustina@gmail.com, anacaldeira@fc.unesp.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir a (re)construção conceitual de graduandos em Ciências Biológicas sobre a relação genótipo-fenótipo. A coleta de dados ocorreu mediante o acompanhamento sistemático de um grupo de pesquisadores em encontros semanais de discussão. Os dados foram analisados e discutidos com base na epistemologia bachelardiana. A análise dos resultados obtidos sugere que a inserção de discussões de cunho histórico e epistemológico no referido grupo favoreceu reflexões que contribuíram para a ampliação do pensamento acerca da relação genótipo-fenótipo.

Palavras-chave: epistemologia da biologia, grupo de pesquisa, relação genótipo-fenótipo.

Title: A research with Biological Sciences undergraduate students on the genotype-phenotype relationship from the perspective of the Gaston Bachelard epistemology

Abstract: This work aims presenting and discussing the conceptual (re)construction of the Biological Sciences undergraduate students on the genotype-phenotype relationship. Data collection occurred through a group of researchers systematic monitoring, at weekly discussion meetings. The data were analyzed and discussed based on Bachelard epistemology foundations. The analysis of the results suggests that the inclusion of discussions of historical and epistemological issues, in that research group, favored reflections that contributed to the expansion of the thinking about the genotype-phenotype relationship.

Keywords: biology epistemology, research group, genotype-phenotype relationship.

Introdução

Na licenciatura em Ciências Biológicas a compreensão da biologia pode ser dificultada, quer seja na sua construção como ciência, quer seja na sua abordagem no ensino quando não há o estabelecimento de relações conceituais, e a abordagem de fenômenos biológicos é feita de forma fragmentada. Assim, há uma limitação do pensamento acerca do conhecimento biológico, pois determinados termos em uma rede conceitual, como genótipo, permanece como uma caixa preta na disciplina de genética.

De acordo com Fourez (1997) a caixa-preta se refere a uma representação que se aceita em sua globalidade sem considerar útil o exame dos mecanismos de seu funcionamento.

Uma forma de ampliação do pensamento mediante a abertura de caixas pretas, conforme Pedrancini, Corazza e Galuch (2011), nos diferentes níveis educacionais, é quando o ensino está voltado para o desenvolvimento da abstração e formação de conhecimentos científicos não apenas direcionado para a definição de termos, mas também para a ação, para a atividade ou aplicação, procedimentos que exigem dos estudantes que trabalhem com o significado dos conceitos e com as características essenciais dos fenômenos.

O presente trabalho resulta de uma pesquisa de doutorado que teve como um dos principais objetivos investigar o desenvolvimento das percepções de graduandos em ciências biológicas acerca dos conceitos de genótipo e fenótipo ao longo do desenvolvimento das atividades de um grupo de pesquisa. A análise está ancorada em alguns conceitos da epistemologia de Bachelard (1978; 1996; 2006) de perfil epistemológico e de obstáculo epistemológico e também de perfil conceitual de Mortimer (1996).

Na sequência deste artigo inicialmente é explicitado o embasamento teórico que foi o arcabouço para o desenvolvimento da investigação aqui apresentada. Após é exposto o contexto e a metodologia do processo investigativo no grupo de pesquisadores. Em seguida os resultados são descritos e discutidos. Finalizando são apontados alguns indicativos com intuito de contribuir com reflexões acerca da prática educativa do ensino biologia, mais especificamente de genética, no que se refere a (re)construção conceitual de genótipo e fenótipo.

Fundamentação teórica

Investigações realizadas acerca do ensino e aprendizagem de genética têm evidenciado algumas dificuldades tanto por parte de alunos como por professores em relação a questões referentes a conceitos biológicos na área de genética no Brasil (Pedrancini et al., 2007; Infante-Malachias et al., 2010; Bonzanini, 2011; Andrade, 2011; entre outros). No que se refere ao contexto da formação inicial de professores de ciências e biologia, essas dificuldades se devem tanto à complexidade dos conceitos que essa área comporta quanto à forma como os professores concebem, organizam e desenvolvem o ensino. Schneider et al. (2011) apontam que o conceito de gene de professores formadores da licenciatura em Ciências Biológicas, na maioria das vezes, é coerente com uma visão restrita a um olhar molecular clássico, em que um gene é uma sequência de bases nitrogenadas. Andrade (2011) em estudo com graduandos em ciências biológicas sobre expressão gênica salientou que a visão molecular constitui-se em obstáculo epistemológico para a (re)construção conceitual. Autores, como Justina e Ferrari (2010), indicam que o entendimento de conceitos básicos, como de expressão gênica, a qual implica uma percepção de gene além de mera sequência de bases, é essencial para a compreensão das novas tecnologias e avanços científicos relacionados a esta área científica.

Na formação inicial de professores, uma possibilidade de (re)construção conceitual pode estar associada a uma abordagem pautada na epistemologia histórica. O estabelecimento de relação entre a epistemologia e a histórica da ciência, para Bachelard (2006, p.125), possibilita compreender que:

O espírito tem uma estrutura variável, a partir do momento em que o conhecimento tem uma história. Com efeito, a história humana, nas suas paixões, nos seus preconceitos, [...] pode bem ser um eterno recomeço [...] O espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. [...] A sua estrutura é a consciência dos seus erros históricos. Cientificamente, considera-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro, considera-se a experiência como retificação de uma ilusão comum e inicial. Toda a vida intelectual da ciência se joga dialeticamente neste diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido. A própria essência da reflexão é compreender que não se tinha compreendido.

Nessa perspectiva bachelardiana, ao potencializar o ensino de biologia problematizador e ao desafiar a reflexão, oportuniza-se aos graduandos desenvolver a capacidade de pensar e agir criticamente. Nesta concepção, é possível contemplar diversos níveis de entendimento da relação entre genótipo e fenótipo concebidos ao longo do tempo, procurando dar ênfase aos problemas que permeiam a construção dos modelos explicativos apresentados, com o intuito de que estas possam constituir-se em desafios ao pensamento biológico, levando-os a entender melhor a produção do conhecimento científico como coletivo e interdisciplinar.

Em Bachelard (1978) a noção de perfil epistemológico pressupõe que a compreensão de um dado conceito científico pode passar por cinco fases distintas: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo clássico, racionalismo completo e racionalismo discursivo. A zona do realismo ingênuo trata do pensamento inerente ao senso comum. O empirismo claro e positivista ultrapassa a realidade imediata mediante o uso de instrumentos de medida, mas ainda não contempla relações racionais. No racionalismo clássico da mecânica racional, os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais. O racionalismo completo contempla as definições da ciência clássica que se tornam complexas ao integrar uma rede de conceitualização. O racionalismo discursivo, conforme Mortimer (1996), é a fase de desenvolvimento, englobando os conceitos mais recentes da ciência por meio de estudos sobre a forma, fractais e sistemas não-lineares, que permitem a incorporação, como objeto de estudo, por exemplo, de sistemas complexos e/ou caóticos, como reações distantes do equilíbrio, sistemas irreversíveis, entre outros.

Para Lôbo (2008), mediante a utilização da noção de perfil epistemológico é possível mostrar que as diversas fases epistemológicas podem estar presentes num mesmo conceito, mesmo quando algumas delas são conscientemente consideradas inadequadas para caracterizar determinada noção científica. Assim em sua obra, Bachelard (1978, p. 25), aponta para as diferentes faces do conceito (re)construído constituindo um conceito plural. Nessa perspectiva, o perfil epistemológico das diversas

conceitualizações “deve sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura”. Assim, ao pensar um conceito deve se considerar, na perspectiva bachelardiana, que “uma noção é sempre um momento da evolução de um pensamento” (Bachelard, 1978, p.29).

Com base no perfil epistemológico bachelardiano, Mortimer (1996, p.33) propõe a noção de perfil conceitual:

Eu usarei a noção de perfil conceitual no lugar de perfil epistemológico [...] já que minha intenção é construir um modelo para descrever a evolução das ideias, tanto no espaço social da sala de aula como nos indivíduos, como consequência do processo de ensino. A noção de perfil conceitual tem, obviamente, características em comum com o perfil epistemológico, como, por exemplo, a hierarquia entre as diferentes zonas, pela qual cada zona sucessiva é caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores.

Conforme Mortimer (1996, p.31) “é interessante notar que, à medida que se percorre esse perfil epistemológico, qualquer conceito vai se tornando mais complexo ao longo do perfil, e também mais racional”. Para este autor, a parte “realista” são as concepções alternativas que as pessoas possuem. O perfil epistemológico, em cada conceito, difere de um indivíduo para outro. Ele é fortemente influenciado pelas diferentes experiências que cada pessoa tem, pelas suas raízes culturais diferentes. Bachelard (1978) propõe a associação do estudo do perfil epistemológico com os obstáculos epistemológicos.

Poderíamos relacionar as duas noções de obstáculo e de perfil epistemológico, por que o perfil epistemológico guarda obstáculos que uma cultura teve que superar. Os primeiros obstáculos que encontramos nos primeiros estágios da cultura dão lugar a nítidos pedagógicos (Bachelard, 1978, p.30).

Bachelard (1996) define obstáculos epistemológicos como inerentes ao processo de conhecimento, os quais se constituem em acomodações ao que já se conhece, podendo ser entendidos como antirrupturas. Os obstáculos podem aparecer na forma de um contrapensamento ou como limitação do pensamento. São encarados como resistências do pensamento ao pensamento. Não são obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem relativos à fragilidade dos sentidos e do espírito humano. Enfim, é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de contingente funcional, lentidões e conflitos.

Dentre os obstáculos referidos por Bachelard (1996), estão: a experiência primeira; a generalização; o obstáculo verbal; a substancialização; e, o conhecimento unitário e pragmático. A primeira experiência é repleta de imagens e sempre colocada antes e acima de toda crítica. O espírito científico deve formar-se contra a natureza, contra o encantamento, o colorido e o corriqueiro. Um exemplo é ao descrever o trovão, em vez de focar as causas do mesmo, o pensamento pré-científico se prende ao medo e outras sensações relacionadas a este fenômeno. É preciso considerar que entre a observação inicial e a

experimentação não há continuidade, mas ruptura. A generalização acontece no instante seguinte às primeiras observações, quando já não há mais nada a observar e pode levar o pensamento à inércia. Por exemplo, no âmbito do ensino, a respiração pode ser concebida apenas como uma troca gasosa restrita aos pulmões. O obstáculo verbal se refere a uma falsa justificação obtida com a ajuda de uma palavra explicativa; extensão abusiva das imagens visuais; estranha inversão que pretende desenvolver o pensamento ao analisar um conceito, no lugar de inserir um conceito particular numa síntese racional. Por exemplo: a palavra esponja pode ser uma palavra obstáculo quando usada como auxiliar do pensamento, numa extensão abusiva de imagens familiares. Exprime os mais variados fenômenos na falsa convicção de que os explica. A substancialização é um dos mais difíceis obstáculos a superar porque se apoia numa filosofia fácil. É a explicação monótona das propriedades por meio da substância. Há a necessidade de explicação minuciosa, sintoma do pensamento não científico que pretende nada negligenciar e dar conta de todos os aspectos da experiência concreta. Por exemplo, o fogo elétrico é um fogo substancial. Mas o que se destaca é que acham que ele participa da substância da qual é tirado. A origem substancial é sempre muito difícil de ultrapassar.

Ainda em relação aos obstáculos epistemológicos bachelardianos, no caso do conhecimento unitário e pragmático, a unidade é um princípio que sempre foi desejado para o espírito pré-científico que fazia com que as diversas atividades naturais se tornassem manifestações de uma só natureza. O que conta são as determinações puramente plausíveis e nunca provadas. No uso pragmático apenas a utilidade é clara e capaz de explicar; nela se encontra a função real do verdadeiro. No caso do conhecimento biológico, um exemplo seria associar a evolução biológica à ideia de progresso.

Com o apoio na epistemologia bachelardiana, no presente artigo o olhar está voltado para a formação inicial de professores e pesquisadores de biologia, numa perspectiva do alargamento do pensamento rumo a um pensamento mais sistêmico da biologia, ao inserir os graduandos em atividades de estudo em epistemologia da biologia no Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia de Cascavel/Paraná, Brasil, que será descrito na sequência do presente artigo. Nesta perspectiva, o pensamento sistêmico da biologia possibilita atravessar as fronteiras disciplinares e compreender que:

Portanto, as fronteiras não são sistematicamente concebidas como barreiras, mas sim como um "lugar de relação" ou o "lugar de trocas" entre sistema e ambiente. Hoje [...] concebemos tanto o sistema quanto suas fronteiras como resultantes de distinções do observador (Vasconcellos, 2002, p.207).

A perspectiva sistêmica se constitui em um paradigma atual na biologia, o qual se estabelece como um desafio aos estudos dos conceitos de genótipo e fenótipo, tanto no âmbito da ciência como do ensino. Assim, ao recorrermos à perspectiva da epistemologia bachelardiana, os conceitos constituem um sistema que possui certa continuidade, com momentos de descontinuidade e rupturas no processo de (re)construção conceitual. Os

sistemas dependem do olhar de cada observador que é guiado pelos pressupostos teóricos e experiências anteriores.

Para fins didáticos, na sequência é apresentada uma proposição de perfil epistemológico e conceitual para a relação genótipo e fenótipo.

Diferentes faces da relação entre os conceitos de genótipo e de fenótipo em um perfil epistemológico e conceitual

No perfil apresentado na Tabela 1, são propostas seis zonas epistemológicas do pensamento acerca da relação entre genótipo e fenótipo e possíveis ideias subjacentes. Salienta-se que o mesmo trata-se apenas de uma aproximação geral, didática e de interesse do presente trabalho.

A primeira zona do perfil realismo ingênuo apresenta uma acentuada presença do senso comum, como a herança dos caracteres adquiridos e a não separação entre o que se herda e o que se expressa, no sentido biológico. Não há uma separação da herança biológica de outros tipos de herança, como: social, econômica, etc. A compreensão de genótipo e fenótipo não se constitui de forma separada. Já na zona do perfil relacionado ao empirismo claro e positivista há uma preocupação com questões práticas da melhoria das linhagens de animais e plantas para fins agrícolas. Os indivíduos são selecionados para fins de cultivo e melhoramento da produtividade agrícola. Na história da ciência as ideias inerentes as duas primeiras zonas tiveram maior destaque até o final do século XIX, já que vários episódios históricos associados à área da genética ocorreram no início do século XX, como o caso da proposição dos conceitos de genótipo e fenótipo por Johannsen (1911).

Zona do Perfil	Ideia(s) subjacente (s)
Realismo ingênuo	Transmissão
Empirismo claro e positivista	Produção de híbridos e linhagens puras
Racionalismo Clássico	Genótipo determina o fenótipo
	Genótipo + ambiente = fenótipo
Racionalismo completo	Perspectiva evolutiva
	Epigenética
	Processual
Racionalismo discursivo	Genótipo + ambiente + organismo = fenótipo atual
Visão plural	Conceito versátil

Tabela 1.- Potencial perfil epistemológico e conceitual da relação entre os conceitos de genótipo e fenótipo.

No racionalismo clássico a relação - genótipo e fenótipo - se define como um corpo de noções e não apenas como um elemento primitivo de uma experiência imediata e direta, ocorrendo a separação entre o genótipo e fenótipo. Entretanto inicialmente o fenótipo é colocado como resultado do genótipo, uma ideia pautada no determinismo genético (Santos; El-Hani, 2009). O genótipo é o conjunto de genes que são segmentos de DNA (ácido dextrorribonucleico), que codificam um produto funcional (peptídeo ou ácido ribonucleico/RNA) e determinam as características fenotípicas. Em uma ampliação do pensamento há a inclusão do ambiente na relação entre genótipo e fenótipo. O genótipo é o conjunto de unidades de herança que

são os genes – fragmentos de DNA. E o fenótipo é a manifestação do genótipo sob a influência ambiental.

No racionalismo completo, as definições se tornam mais complexas em relação ao genótipo e fenótipo, com a inclusão de outras noções como herança evolutiva, epigenética e processual. Na perspectiva evolutiva, conforme Bellini (2008), o genótipo é o conjunto de unidades de herança (fragmentos de DNA) que competem pela sobrevivência e pela sua propagação, mediante a expressão fenotípica. Ao considerar as ideias de Waddington (1979) o genótipo tem significado evolutivo, ao ser flexível em seu desenvolvimento, permitindo fenótipos morfológicos e comportamentais diferentes. A epigenética, segundo Jablonka e Lamb (2005), envolve todas as mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA. Inclui o estudo de como os padrões de expressão são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão espaço temporal de genes durante a diferenciação de um tipo de célula e como fatores ambientais podem mudar a maneira como os genes são expressos. Existem três mecanismos principais de alterações epigenéticas: metilação do DNA, modificações de histonas e ação de RNAs não codificadores. Já em um pensamento condizente da relação genótipo e fenótipo como processo (Newmann-Held, 2001) este integra uma ou mais sequências de ácidos nucleicos (DNA ou RNA), correspondendo a um produto (polipeptídeo ou RNA), mas que só é definida num determinado contexto de um sistema.

No que tange o racionalismo discursivo, considera-se a visão sistêmica da relação genótipo e fenótipo, segundo Bachelard (1978), a realização se impõe à realidade imediata. Esta zona oferece, muitas vezes, mais questões do que respostas aos problemas científicos. Em uma visão sistêmica, proposta a partir das ideias de Oyama, Griffiths e Gray (2001) para o desenvolvimento orgânico do indivíduo, o genótipo é o conjunto de indicativos fisiológicos do desenvolvimento, internos ao organismo que permitem a construção do mesmo em caminhos que seu fenótipo se assemelhe às gerações anteriores, dependendo das interações ambientais. O fenótipo é a característica aparente de um organismo em um determinado momento do desenvolvimento, fruto das interações entre herança genotípica (indicadores do desenvolvimento), ruídos do desenvolvimento (aspectos aleatórios do desenvolvimento), herança ambiental, aspectos aleatórios do ambiente e ação do organismo sobre seu ambiente.

Além das zonas do perfil construídas a partir de uma transposição das zonas propostas por Bachelard (1978), para efeitos didáticos no presente artigo, considera-se a possibilidade da existência de uma visão plural, em que a relação entre genótipo e fenótipo é concebida de acordo com o seu contexto de aplicação. Nesse estágio do espírito científico há uma tomada de consciência pelo indivíduo que distingue que em seu pensamento convivem diferentes noções para um mesmo termo. Assim, o sujeito reconhece e explicita que o seu conceito individual é versátil, possuindo diferentes faces. Recorrendo a Portin (2002), que afirma que o conceito geral do gene permanece em aberto, sendo adotado de formas diversas

pelas diferentes áreas das ciências biológicas, podemos inferir que os conceitos de genótipo e fenótipo seguem este espectro conceitual.

Contexto e metodologia da pesquisa

No panorama de uma pesquisa de cunho qualitativo deve-se buscar reunir a maior variedade possível de informações a partir de diferentes perspectivas, selecionar "informantes-chave", mantendo clareza de que suas perspectivas são limitadas, mas que são representativos do contexto ao qual o estudo está se referindo; estar consciente e sensível aos diferentes estágios do trabalho de campo. Isto significa construir confiança e vínculo no estágio inicial, lembrar que o avaliador/observador também está sendo observado/avaliado. Também que há envolvimento ao máximo no desenvolvimento das atividades enquanto mantém uma perspectiva analítica focalizada no propósito do trabalho de campo. Implica separar claramente descrição de interpretação e julgamento; e, prover feedback como parte do processo de verificação do trabalho de campo (e observar o impacto desse feedback). Incluir nas notas de campo e na sua avaliação, suas próprias experiências, pensamentos e sentimentos, já que esses são também dados de campo (Patton, 2001). Para Flick (2009) a formulação empiricamente bem fundamentada de enunciados relacionados a sujeitos e a situações é um objetivo que pode ser alcançado com a pesquisa qualitativa.

Conforme Flick (2009), a pesquisa em um modelo linear compreende as etapas, que são: teoria, hipótese, operacionalização, amostragem, coleta, interpretação e validação. Em contraposição este autor aponta para o conceito de modelo circular do processo de pesquisa, no qual se busca ampliar a complexidade do estudo ao incluir o contexto. A pesquisa que resultou no presente artigo, se constituiu em um modelo circular do processo de pesquisa, e esteve alocada em um grupo de pesquisadores, o Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia de Cascavel, Paraná, Brasil. Neste buscou-se compreender o papel do grupo na formação inicial de professores e pesquisadores, mediante a descrição detalhada das atividades desenvolvidas e os diálogos entre os participantes. O enfoque principal foi interpretar os dados para classificar, contextualizar, interpretar e teorizar sobre o fenômeno em estudo.

O grupo de pesquisadores em que ocorreu a pesquisa é composto por docentes pesquisadores, pós-graduandos e graduandos na licenciatura em ciências biológicas de uma universidade pública brasileira. No contexto do grupo investigado, desde 2009, são realizadas atividades que envolvem: estudos epistemológicos para a formação de professores e pesquisadores, com inserção de episódios históricos; investigações e pesquisas em epistemologia, com estudos de conceitos como gene, genótipo, fenótipo, entre outros, na perspectiva da biologia teórica; e, investigações de cunho didático para o ensino de biologia.

Os sujeitos investigados foram nove licenciandos (A1-A9) participantes deste grupo de pesquisadores durante um período de seis meses. Os instrumentos de coleta de dados foram: um questionário inicial; gravação e transcrição de doze encontros de discussão coletiva com duas horas de duração cada; e, entrevista individual final.

A dinâmica dos encontros coletivos, com a mediação de duas pesquisadoras (M1 e M2) do grupo envolveu: levantamento de ideias e obstáculos epistemológicos; problematização com geração de conflitos cognitivos (romper com as limitações e acomodações do pensamento); Aplicação do conhecimento científico (ressignificar/estabelecer novas fronteiras de pensamento). Buscou-se ultrapassar o nível descritivo para chegar ao nível interpretativo dos fatos e ações, com a visão de que as fronteiras do conhecimento científico são difusas e provisórias. Assim, o trabalho no grupo esteve pautado na ideia de conceber os conceitos biológicos como centrais – depois problematizá-los.

Para fins didáticos a pesquisa foi subdividida em quatro etapas que representam recortes dos estudos do grupo para focalizar melhor a relação conceitual em estudo, ou seja, do genótipo e fenótipo. Na primeira etapa (P1) houve a coleta das ideias iniciais sobre os conceitos de herança, genótipo e fenótipo, entre outros, em um questionário inicial com questões abertas. Na segunda etapa (P2) houve a contextualização histórica da genética, em que inicialmente houve a abordagem da teoria genotípica de Johanssen (1911), passando pela relação genótipo, fenótipo e ambiente (Rodríguez, 2005), ao conceito versátil de gene (Schneider et al., 2011), envolvendo a gravação de sete encontros de discussão coletiva. A terceira etapa (P3) compreendeu desde a abordagem da epigenética (Dias Correia e Dias Correia, 2007), passando pelo estudo da evolução em quatro dimensões (Araújo, 2006), à inclusão do organismo na relação genótipo, fenótipo e ambiente (Lewontin, 2002), correspondendo às gravações de cinco encontros. Na quarta etapa (P4) ocorreu a entrevista individual final, em que se buscou confrontar as certezas iniciais individuais até uma visão mais plural da relação genótipo e fenótipo.

Os dados da pesquisa foram obtidos mediante a tabulação das respostas aos questionários; transcrição das gravações dos diálogos dos encontros e da entrevista individual final e foram organizados de tal forma que permitisse uma análise do pensamento dos licenciandos sobre a evolução conceitual da relação genótipo-fenótipo. Nesse processo, mais do que analisar pensamentos consolidados dos licenciandos, o interesse foi acompanhar o desenvolvimento de seus pensamentos e suas ideias ao serem envolvidos, de forma mediada, na reflexão/investigação de aspectos da construção histórica da área de genética e seu enfoque na licenciatura em ciências biológicas e na educação básica.

A pesquisa foi desenvolvida com base no método de análise de conteúdo. Segundo Bardin (2000) este método envolve um conjunto de técnicas de análise das comunicações entre os seres humanos. Este recurso metodológico envolve três etapas: pré-análise, descrição analítica e interpretação inferencial.

A pré-análise compreendeu a organização do material, em que foram realizadas análises preliminares (análise flutuante) dos questionários e transcrições das entrevistas individuais e discussões do grupo estudado. Uma análise inicial dos dados ocorreu sempre logo após a coleta dos mesmos para a orientação dos passos seguintes do desenvolvimento do grupo, bem como da coleta de dados.

Na descrição analítica, os materiais escritos foram submetidos a um estudo aprofundado norteado por eixos e categorias de análise que emergiram dos próprios resultados. Neste momento foram destacados os fragmentos dos diálogos do grupo e nos materiais escritos que explicitassem ideias acerca dos conceitos-chave de genótipo e fenótipo. Os demais fragmentos das transcrições não foram objeto de uma análise mais aprofundada no presente artigo.

A interpretação inferencial envolveu o aprofundamento da análise buscando desvendar o “conteúdo latente”, indo além do “conteúdo manifesto”. Dos fragmentos transcritos selecionados na etapa anterior para análise, na análise qualitativa foram extraídos exemplos de forma aleatória, que expressassem de forma explícita ideias dos sujeitos investigados acerca dos conceitos pesquisados. Esta etapa contemplou uma reflexão/discussão sobre a (re)construção das ideias tanto no âmbito das discussões do grupo e por vezes individualmente. Essa análise possibilitou a triangulação dos dados (questionário; discussões coletivas e individuais).

Assim, na sequência são apresentados e discutidos alguns enunciados e diálogos de estudantes durante as atividades do grupo investigado, na tentativa de evidenciar a (re)construção dos conceitos de genótipo e fenótipo, com a gradativa inserção do organismo, conforme perfil epistemológico e conceitual proposto anteriormente. Inicialmente apresenta-se a distribuição de ideias dos sujeitos pesquisados nas quatro etapas de pesquisa e zonas do perfil epistemológico e conceitual. Após é realizada a apresentação dos resultados e discussões da evolução do pensamento individual dos sujeitos investigados. Ao final da discussão dos resultados são realizadas reflexões sobre alguns obstáculos epistemológicos que emergiram no decorrer da pesquisa.

Resultados

Ao retomar o perfil epistemológico e conceitual proposto, anteriormente neste artigo, foram organizadas as ideias subjacentes nos enunciados dos diferentes participantes durante os encontros do grupo. Ao analisar a Tabela 2 pode-se observar a distribuição das ideias dos sujeitos da pesquisa nas diferentes zonas do perfil epistemológico e conceitual proposto durante as quatro etapas do grupo apontadas anteriormente neste trabalho. Também que durante o desenvolvimento das atividades de discussão houve uma migração das primeiras zonas do perfil em direção às seguintes, chegando ao racionalismo completo, racionalismo discursivo e por vezes, a uma visão plural. Na análise, a zona de visão plural visou contemplar a categoria referente às ideias emitidas pelos sujeitos investigados que explicitaram estarem cientes de que possuem uma rede conceitual condizente com diferentes zonas do perfil, o que os diferencia dos outros sujeitos que transitaram em diferentes zonas, mas não explicitaram que tem consciência da conceitualização versátil, na qual estão imersos.

Todos os sujeitos na primeira etapa explicitaram enunciados que condizem com o realismo ingênuo, denominado “ideias ingênuas” acerca dos conceitos de herança, genótipo e fenótipo. Considera-se um entendimento destas conceitualizações pautado em uma visão pré-

científica, envolvendo outras noções de herança além da biológica, por exemplo: herança de condições sociais e econômicas, de caracteres adquiridos (limitações físicas, conhecimento, doenças, outros). Como exemplo, destacamos o enunciado de A9: “Tudo que fazemos irá nos proporcionar algo bom ou ruim, e isso passará a viver conosco, e será levado de geração a geração. Tudo que somos, foi adquirido pela hereditariedade”. Nesta mesma etapa, os sujeitos A1, A2, A4, A5, A7 e A9 emitiram enunciados eminentemente situados no racionalismo clássico.

Zona do Perfil	Ideia(s) subjacente(s)	P1	P2	P3	P4
Realismo ingênuo (RI)	Transmissão	A1; A2; A3; A4; A5; A6; A7; A8; A9			
Empirismo claro e positivista (ECP)	Para fins de cultivo e melhoramento da produtividade				
Racionalismo Clássico (RC)	Genótipo determina o fenótipo	A2; A4; A7; A9	A2; A9	A2	A2; A4; A7; A9
	Genótipo + ambiente = fenótipo	A1; A5	A1; A3; A4; A5; A6; A8	A1; A4; A5; A7; A8; A9	A1; A5; A9
Racionalismo completo (RCo)	Perspectiva evolutiva	A8	A5	A5	A5
	Epigenética		A1	A2; A3; A4; A8	A3; A4; A7; A9
	Processual		A1; A7	A1; A3; A7	A1; A3; A4; A5; A6; A7; A8
Racionalismo discursivo (RD)	Visão sistêmica Genótipo + ambiente + organismo = fenótipo atual			A1; A3; A5; A6; A7	A1; A3; A5; A6; A7; A8
Visão plural (VP)	Conceito versátil	A1	A1; A7	A3	A1

Tabela 2.- Distribuição de ideias dos sujeitos pesquisados nos distintos momentos de discussão e zonas do perfil epistemológico e conceitual.

A visão de determinismo genético foi expressa por A2, A4, A7 e A9, o que pode ser evidenciado na seguinte fala de A7: “Fenótipos são as características determinadas pelos genes”. Já o fenótipo foi colocado como

resultado de genótipo mais ambiente por A1 e A5, como no caso do enunciado de A1: "Um fenótipo é resultado de um determinado gene com o ambiente". A perspectiva evolutiva esteve presente em A8, quando afirma que há "Informação genética passada para gerações posteriores, contribuindo para a evolução dos seres vivos". A1 salientou a questão de o gene ser um conceito versátil, assim o de genótipo também seria. Ideias condizentes com as zonas do racionalismo completo e do racionalismo discursivo não foram explicitadas.

Em todos os sujeitos não houve evidências das zonas do realismo ingênuo e do empirismo claro e positivista na segunda etapa. Encontrou-se o racionalismo clássico na visão de determinismo genético que continuou presente em A2 e A9. Também a ideia de que o fenótipo resulta do genótipo em interação com o ambiente esteve evidente nos enunciados de A1, A3, A4, A5, A6 e A8, como por exemplo, na resposta de A6, a um questionamento de M1 ao grupo - se o gene determinaria uma característica: "Não é bem assim. Tem outros fatores envolvidos como o ambiente, a alimentação". Quanto ao racionalismo completo, foi evidenciado, mediante a perspectiva evolutiva em A5, que ao responder a questão de M1: Se vocês fossem pesquisadores na época de Johanssen o que fariam para estudar a herança biológica? Falou que "Acho que estudaria os cromossomos [...] como era nessa época o conhecimento evolução também". O termo epigenética emergiu na fala de A1 - "a epigenética [...] aqui no grupo seria importante para a gente entender mais de gene". O enfoque processual em A1 e A7, ficou evidente em enunciados como em: A7: "A gente não para para pensar quando alguém pergunta o que é um gene. Se fala apenas no DNA, mesmo sabendo dos transposons, do splicing alternativo, dos genes sobrepostos [...] tem toda uma interação". Estes últimos dois sujeitos apontaram também a possibilidade de ser um conceito versátil, quando colocaram que há diferentes conceitos para o gene e consequentemente para o genótipo.

Na terceira etapa houve a permanência de A2 com discurso do determinismo genético, quando afirma: "Genótipo vai determinar as características fenotípicas". Já A1, A4, A5, A7, A8 e A9 emitiram enunciados condizentes com a ideia de genótipo mais ambiente ser igual ao fenótipo, por exemplo, para A9: "Fenótipo para mim é o genótipo mais o ambiente". O racionalismo completo ficou evidente em A5, em relação à perspectiva evolutiva, e em A2, A3, A4 e A8 ficou explícita a visão epigenética, e em A1, A3 e A7, este presente a perspectiva processual, por exemplo, na fala de A1: "[...] mesmo o genótipo sendo igual o fenótipo é diferente por que o material de dentro da célula é diferente de uma para outra".

A zona do racionalismo discursivo apareceu pela primeira vez, com a inclusão do organismo por A1, A3, A5, A6 e A7, como na fala de A6: "[...] mas se não está relacionado a material genético, então já me perdi, se não é ambiente, se não é gene [...] então são coisas do próprio organismo [...] não é só o gene, o DNA que determina as características do organismo. É o gene, o organismo e o ambiente que são responsáveis pelas mudanças e

pelas características do organismo e do ambiente [...]”. A visão plural foi citada por A3, quando coloca que: “[...] Na própria forma como é passado o conteúdo na sala de aula não tem só uma vertente [...] senão a gente passa a entender a genética como só aquilo do gene, do DNA, [...] mas com o trabalho do grupo hoje eu vejo o gene como um conceito versátil [...] então estudar a epigenética e as diferentes possibilidades e tudo a teoria, seu histórico, senão ficaria só naquilo”.

Em relação à quarta etapa pode-se evidenciar que A2, A4, A7 e A9 emitiram enunciados condizentes com a visão do determinismo genético, como no caso de A2: “Genótipo é o responsável pela transmissão com precisão do material genético dos pais para os filhos. É o responsável pelo controle do desenvolvimento das características fenotípicas (externas) desde o ovo ou zigoto até o adulto”. Em A1, A5 e A9 foram encontrados traços relativos ao genótipo mais ambiente ser igual ao fenótipo, como por exemplo, no enunciado de A9: “No início eu só pensava se a mãe tem olho azul e o pai olho verde o filho vai ter olho claro. Com a participação no grupo mudou muita coisa, tipo assim, [...] que não é só genótipo, fenótipo, que tem outros fatores que vão influenciar [...] Fatores próprios do ambiente podem alterar [...] o ambiente externo e o interno, mas mais o externo”.

No que tange ao racionalismo completo: A5 citou a perspectiva evolutiva: “Não sei se vou saber explicar [...] um gene é onde estão guardadas as características dos seres vivos [...] nos cromossomos [...] tem a exposição ao ambiente [...] está relacionado a nossa sobrevivência, a questão evolutiva [...]”; já para A3, A4, A7 e A9 a epigenética é relevante fator a ser considerado, pois para A3: “[...]depois com o grupo [...] com a epigenética se tava falando do externo [...] depois que eu vi que [...] existem mudanças que estão dentro da minha célula, e nem que o gene é só um pedaço de DNA [...]”; e, para A1, A3, A4, A5, A6, A7 e A8 o fator processual deve ser focado no sistema genótipo-fenótipo, como no caso de A6: “Eu fazia a ideia de que fenótipo era resultado do genótipo mais ambiente. Então vários fatores, é o sol que estou tomando, clima, alimentação [...] eu não considerava os fatores internos ao organismo e agora com as discussões do grupo eu considero quando penso em genótipo e fenótipo influenciando [...] também as condições metabólicas, vai ter tal proteína [...] posso ter um problema e não deixar de produzir uma proteína. [...] Agora tem a ver [...] sobre a questão do momento da divisão celular, da posicionalidade, das interações [...]”. Para A1, A3, A5, A6, A7 e A8, o organismo deve ser incluído nesta relação conceitual. Para A1 a questão do conceito versátil deve ser lembrada.

Ao delinear o perfil individual inicial de cada sujeito investigado, bem como sua (re)construção conceitual no percurso do grupo durante a investigação, observou-se uma diversidade de conceitos, com exceção da

zona do "empirismo claro e positivista". Considerando a artificialidade de quantificar/mensurar os enunciados dos sujeitos participantes, optou-se por não construir, nesse momento, perfis epistemológicos individuais, mas evidenciar em um quadro a distribuição das ideias dos sujeitos investigados (Tabela 3) perante o olhar das pesquisadoras autoras do presente artigo.

Tal opção se deu pelo fato de a coleta de dados ter ocorrido durante o processo do desenvolvimento do grupo durante a pesquisa, e não apenas em um momento único, como o sugerido por Bachelard (1978) para a construção de tais perfis.

Sujeito	P1	P2	P3	P4
A1	RI; RC; VP	RC; RCo; VP	RC; RCo; RD	RC; RCo; RD; VP
A2	RI; RC	RC	RC; RCo	RC
A3	RI	RC	RC; RCo; RD, VP	RCo; RD
A4	RI; RC	RC	RC; RCo	RC; RCo
A5	RI; RC	RC; RCo	RC; RCo; RD	RC; RCo; RD
A6	RI	RC	RD	RCo; RD
A7	RI; RC	RC; RCo; VP	RC; RCo; RD	RC; RCo; RD
A8	RI; RCo	RC	RC; RCo	RCo; RD
A9	RI; RC	RC	RC	RC; RCo

Tabela 3.- Distribuição das ideias individuais dos sujeitos investigados.

Discussão

O processo de alargamento do pensamento foi evidenciado, com a utilização da metodologia adotada de discussão coletiva no grupo de pesquisadores. O perfil epistemológico dos sujeitos, que na etapa inicial estava fortemente pautado nas visões de senso comum e do racionalismo clássico, passou a ser enquadrado na região do racionalismo completo, racionalismo discursivo e mesmo em uma visão mais plural. Corroborando com o presente trabalho, a aquisição de um pensamento mais racionalista é apontado por Souza Filho, Boss e Caluzi (2010) em um estudo sobre perfis conceituais de eletromagnetismo com licenciandos em física, que ao final do desenvolvimento de módulos mostraram a aquisição de uma região com maior coerência racional dentro da hierarquia do pensamento, o que sugeriu a aprendizagem de conceitos científicos.

Ao analisar a evolução do perfil conceitual individual, pode-se evidenciar que A1, na primeira etapa explicitou enunciados que condizem com um perfil epistemológico que permeia a zona do realismo ingênuo, do racionalismo clássico e de uma visão plural. Na segunda etapa, não há evidências do realismo ingênuo, continua o racionalismo clássico e visão plural, com o acréscimo do racionalismo completo. Na terceira etapa evidenciou-se que seus enunciados centraram-se no racionalismo completo e no discursivo. Na quarta etapa seu perfil perpassou as zonas do racionalismo clássico, racionalismo completo, racionalismo discursivo e visão plural.

Em relação ao sujeito A2, observou-se inicialmente, na primeira etapa, enunciados relativos ao realismo ingênuo e racionalismo clássico. Esta

última zona do perfil permaneceu na segunda, terceira e quarta etapas. Sendo que no terceiro momento houve evidências que levam ao racionalismo completo, com o apontamento da epigenética, mas salienta-se que foi como uma caixa preta, em que o termo foi citado, mas não houve o estabelecimento de relações.

No que se refere ao sujeito A3 percebeu-se que o mesmo iniciou, com enunciados condizentes com o realismo ingênuo. Após, na segunda etapa, houve evidências do racionalismo clássico. Na terceira etapa, participou dos diálogos do grupo emitindo falas que perpassam o racionalismo completo, racionalismo discursivo e visão plural. Na quarta etapa foram evidenciados em seu discurso o racionalismo completo e o racionalismo discursivo.

O sujeito A4 apresentou na primeira etapa uma visão condizente com as zonas do perfil epistemológico do realismo ingênuo e do racionalismo clássico. Já na segunda, terceira e quarta etapas houve a permanência do racionalismo clássico, com a inclusão do racionalismo completo nos dois últimos momentos.

Em relação ao sujeito A5 observou-se a presença do realismo ingênuo apenas no primeiro momento. O racionalismo clássico foi evidenciado nas quatro etapas. Já o racionalismo completo verificou-se nas três últimas etapas. O racionalismo discursivo nas duas últimas etapas. Sua (re)construção conceitual foi condizente com as ideias norteadoras das discussões no desenvolvimento do grupo, com exceção da visão plural.

No que se refere ao sujeito A6, este iniciou no grupo com ideias relativas ao realismo ingênuo. Na segunda etapa, seu discurso foi focado no racionalismo clássico. Na terceira e quarta etapas passou para o racionalismo discursivo, com a inclusão do racionalismo completo no último momento.

O sujeito A7, iniciou com um discurso compatível com as zonas do realismo ingênuo e racionalismo clássico. Na segunda etapa, permaneceu o racionalismo clássico, e houve o acréscimo de ideias do racionalismo completo e visão plural, não denotando a presença do realismo ingênuo. Na terceira etapa evidenciou-se a permanência do racionalismo clássico, do racionalismo completo e a inclusão do racionalismo discursivo. Na quarta etapa, houve evidências do racionalismo clássico, racionalismo completo e do racionalismo discursivo.

Em relação ao sujeito A8 observou-se a presença do realismo ingênuo na primeira etapa, e também foram evidenciados traços condizentes com o racionalismo completo ao discorrer sobre a relação da perspectiva evolutiva na herança biológica. Na segunda etapa houve evidências apenas do racionalismo clássico. Na terceira etapa permaneceu o racionalismo clássico, com a inserção de ideias nos diálogos compatíveis com o racionalismo completo. Na quarta etapa permaneceu na zona do racionalismo completo, com a inclusão do racionalismo discursivo.

Em A9 percebeu-se a presença do racionalismo clássico nas quatro etapas. Na primeira houve evidências do realismo ingênuo. Na quarta etapa, houve a referência, por parte deste sujeito, a necessidade de inclusão do entendimento da epigenética no sistema genótipo-fenótipo, compatível com a zona do racionalismo completo.

Inicialmente, os licenciandos sujeitos da pesquisa tinham ciência, pelo menos, de algumas das noções da relação genótipo-fenótipo condizentes com as diferentes zonas do perfil epistemológico e conceitual. Considera-se que um possível fator da evidência de ideias compatíveis com o realismo ingênuo no questionário inicial, pode estar associado a uma crença ingênua da separação da área didático-pedagógica das demais áreas biológicas. Assim, ao reportar a ideias de Bakhtin (2006) de que a enunciação depende dos interlocutores e do espaço no qual está situado, considera-se o fato do grupo estar vinculado a um Laboratório da primeira área, bem como as pesquisadoras mediadoras envolvidas, pode ter levado os sujeitos a pensar que não deveriam abordar em maior profundidade tais conceitos biológicos. Salienta-se que o referido questionário foi aplicado antes mesmo da exposição por M1 e M2 sobre o tratamento de conceitos biológicos no grupo. Na sequência, nas interações discursivas os enunciados foram predominantemente situados na visão referente à zona do racionalismo clássico, quando os sujeitos foram questionados sobre a relação genótipo e fenótipo, já que o paradigma vigente/dominante no contexto de Cursos de Ciências Biológicas, conforme já apontado por Schneider et al. (2011) da predominância da visão molecular para o caso específico do conceito de gene. No desenvolvimento das atividades no grupo, mediante a inserção de conceitos diferenciados de genótipo e fenótipo, as interações discursivas no grupo se configuraram como uma probabilidade de ruptura com essa visão única, possibilitando ao licenciando ampliar o seu pensamento em relação a outras perspectivas conceituais, que por vezes, não eram completamente desconhecidas para eles. De acordo com Giordan e Vecchi (1996, p.159):

[...] cada conceito corre o risco de ser colocado numa espécie de gaveta que o isola dos outros; sem referência à diversidade das situações concretas, torna-se então de difícil reinvestimento. Ademais, a acumulação precipitada de formulações conceptuais faz a Ciência aparecer como um conjunto fluido, que não se apoia em nenhum raciocínio rigoroso, enquanto a construção progressiva de conceitos, a delimitação de sua área e de sua articulação em rede, são uma escola de rigor que permite dominar o vai-e-vem entre a teoria e a experiência.

Salienta-se que ao analisar o processo de reconstrução conceitual, tanto coletiva como individual, dos participantes investigados, observou-se que estes embora procurassem explicitar um conceito único para o sistema genótipo e fenótipo, evidenciou-se a presença de elementos que perpassavam diferentes zonas conceituais. Assim, concorda-se com Bachelard (1978), de que ao considerar um determinado conceito este é único em cada indivíduo e possui diferentes faces. Essa visão corrobora com o perfil conceitual proposto por Mortimer (1996) e também com a visão plural, concebendo o conceito como versátil. Entretanto, salienta-se a necessária descontinuidade com a visão de determinismo genético no contexto de formação de professores de biologia. Também de ruptura com a visão fragmentada que não considera a complexidade dos processos interativos que ocorrem no organismo, indicando a necessidade da inserção da discussão epistemológica da biologia no curso de licenciatura em Ciências Biológicas do qual os alunos investigados fazem parte.

Alguns obstáculos epistemológicos presentes no grupo

Como já abordado anteriormente no presente artigo, a análise do perfil epistemológico e obstáculos epistemológicos podem ser realizados conjuntamente. Assim, discute-se na sequência, a presença de obstáculos epistemológicos nas diferentes zonas do perfil, a gradativa superação parcial do determinismo genético, a visão da genética clássica, e não inclusão do organismo e de seu desenvolvimento como obstáculos a serem superados para uma compreensão da relação genótipo e fenótipo.

Um dos obstáculos mais evidentes na análise dos dados se refere ao determinismo genético. Ao recorrer a Bachelard (1996), pode-se associar essa visão ao obstáculo do conhecimento geral. Trata-se de um conhecimento vago, que imobiliza o pensamento. Fornece respostas vagas, fixas, seguras e gerais a qualquer questionamento. Dá confirmações fáceis a hipóteses imediatas. No contexto do ensino de biologia, o problema agrava-se, pois a ideia do geral aparece imediatamente adaptada à ideia comum. Fornece a mesma resposta para todas as questões, tudo se justifica em termos de genes, não se consideram as condições individuais de um organismo e seu ambiente. Por exemplo, o comportamento humano agressivo, que os alunos associam a ideia de "tal pai tal filho" ou "filho de bandido, bandido é", gerando um comportamento discriminatório no âmbito social, conforme apontado por Meghioratti, Andrade e Caldeira (2010). Estas ideias gerais se tornam certezas, que imobilizam a razão, privando-os de uma motivação real para se questionarem sobre os aspectos particulares da relação entre genótipo e fenótipo. Conforme exposto na Taboa 3, observa-se que a permanência deste obstáculo do "determinismo genético" no decorrer do desenvolvimento do grupo, em alguns dos sujeitos investigados. Nos quatro momentos em A2. No primeiro, segundo e quarto momento em A9. No primeiro e quarto momento em A4.

Outro obstáculo é o verbal - uma falsa explicação obtida a custo de uma palavra explicativa. Uma só palavra, funcionando como uma imagem pode ocupar o lugar de uma explicação. Por exemplo, as palavras DNA e gene, são palavras obstáculos. No contexto de ensino, dizem respeito à linguagem aprendida como caixa preta, com conotações divergentes ou com uma significação simbólica para o sujeito e se constituem em barreira ao ensino formal da herança biológica. Exemplos desse obstáculo podem ser evidenciados no grupo investigado quando os sujeitos respondem a questionamentos com a resposta resumida a uma única palavra. Assim, observou-se ao longo do desenvolvimento das atividades que quando os sujeitos sentiam-se com dificuldade para responder a alguma questão acerca da relação genótipo e fenótipo respondiam com respostas: DNA ou gene. Neste sentido, como salientam Giordan e Vecchi (1996, p.30), um termo pode se constituir em obstáculo.

O mais significativo, porém, é talvez essa impressão de saber que o estudante tem e que é criada pelo fato de que ele utiliza uma terminologia que carrega consigo uma imagem de seriedade. Ademais, ele pode ligar essas palavras com outras. Onde o desinteresse que sente para tentar saber mais, ao menos enquanto não se vir confrontado com problemas que impliquem, para sua resolução, o

domínio desses conhecimentos. Estamos, portanto em presença de um 'pseudo-saber' que não pode, em hipótese alguma, ser utilizável.

Quanto a esse obstáculo houve evidências de ruptura em relação ao estudo do sistema genótipo-fenótipo com o estabelecimento de relações conceituais, com a inserção do ambiente, por todos os sujeitos investigados, e após com a inclusão do organismo, por A1, A3, A5, A6, A7 e A8.

Outro obstáculo epistemológico é o conhecimento pragmático que se traduz na procura do caráter unitário e utilitário de um fenômeno como princípio de explicação. Bachelard (1996), afirma que muitas generalizações exageradas provêm de uma indução pragmática. No contexto de ensino, constata-se quando os alunos se referem a aspectos conceituais, como por exemplo: "o fenótipo é o resultado da interação genótipo e ambiente", parece que isto é suficiente para definir os conceitos. Ao final das atividades do grupo a permanência deste obstáculo ficou evidente nos enunciados de A2 e de forma pontual como o genótipo sendo formado por unidades que seriam "partes do cromossomo", em meio a outros conceitos, em A1 e A5, o gene como uma "unidade informacional" o que dificulta a compreensão da complexidade da relação genótipo-fenótipo.

No âmbito da biologia a visão do genótipo restrito a um conjunto de sequências de DNA, pode estar associada ao obstáculo epistemológico da experiência primeira, pitoresca, concreta, fácil (Bachelard, 1996). De acordo com Bachelard, é a experiência situada antes e acima da crítica, que capta o imediato, o subjetivo; que tem dificuldade de abandonar o pitoresco da observação; que subordina a prática científica ao efeito das imagens; que dá grande atenção ao que é natural; que aborda fenômenos complexos como se fossem fáceis; que tem a marca de um empirismo evidente. No ensino de biologia, com maioria de razão, a percepção mítica da ciência. Tal admiração opõe-se à procura do "por que" e do "porque não" de tais fenômenos. Este obstáculo está relacionado com evidências empíricas sobre concepções alternativas – dependência de aspectos óbvios da percepção. Um exemplo disso, na história da biologia, foi o sequenciamento do genoma humano, ao qual foi associada à ideia de domínio da natureza, distraindo a atenção das pessoas a aspectos essenciais da expressão gênica. Esse obstáculo permeou alguns momentos das discussões do grupo durante o seu desenvolvimento.

O obstáculo da substancialização (Bachelard, 1996), pode ser associado à dificuldade de compreensão do sistema genótipo-fenótipo em termos de processos biológicos, no qual o genótipo não está associado a uma unidade e/ou estrutura física específica (substância), mas em termos de reações fisicoquímicas.

O espírito científico não pode satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos de um fenômeno à respectiva substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos (Bachelard, 1996, p. 110).

Este obstáculo epistemológico esteve presente ao longo do desenvolvimento do grupo, sendo que, houve evidências de ruptura em A1, A3, A4, A5, A6, A7 e A8, quando estes emitem enunciados com

alargamentos conceituais envolvendo interações no interior da célula, o que não ocorreu de forma explícita em A2 e A9.

Quanto ao obstáculo da generalização, o qual para Bachelard (1996) pode levar o pensamento à inércia, pode ser exemplificado no decorrer das atividades no grupo, pela estagnação do pensamento de A2 em relação ao genótipo-fenótipo, na zona do perfil conceitual do racionalismo clássico, no qual qualquer questionamento no que tange a esta relação é respondido com base na ideia de que a interação entre genótipo e ambiente leva a um fenótipo.

Conclusões

Pode-se afirmar que na (re)construção conceitual do sistema genótipo-fenótipo observou-se na coleta inicial a predominância de emissão de ideias relacionadas ao realismo ingênuo e ao racionalismo clássico, com uma visão de transmissão de uma geração para outra de caracteres, incluindo os de cunho social. Com o início do desenvolvimento das atividades no grupo, houve a permanência do discurso pautado no racionalismo clássico, em que emergiram evidências da presença do determinismo genético e por vezes da ideia de que o fenótipo é resultado da interação entre genótipo com o ambiente. Na sequência, com a inclusão e ampliação conceitual nos estudos no grupo, houve a emissão por parte de licenciandos participantes de elementos inerentes ao pensamento relativo à zona do racionalismo completo, com a presença em seus discursos das perspectivas evolutiva, epigenética e processual. Ao final a maioria dos sujeitos (seis do total de nove) incluiu em seus enunciados elementos da zona do racionalismo discursivo, apontando a relevância do papel do organismo, além do ambiente e do genótipo em relação ao fenótipo atual.

Salienta-se que embora os sujeitos da pesquisa transitassem em diferentes zonas conceituais durante o desenvolvimento das discussões conceituais de genótipo e fenótipo, e a visão plural tenha sido explicitada no decorrer das discussões coletivas, apenas dois dos nove sujeitos participantes ressaltaram a existência de uma visão plural em um mesmo indivíduo, evidenciando a percepção dos referidos conceitos como versáteis, dependendo do contexto de sua aplicação.

Conclui-se que a (re)construção conceitual deve ser considerada individualmente, quando se trata de pesquisa sobre este tema, pois diferentes sujeitos possuem vivências anteriores muito distintas e respondem de forma diferenciada quando participam de atividades que contemplam a abstração e formação conceitual, como no caso do grupo de pesquisadores investigado. Concorda-se com Mortimer (1996) ao evidenciarmos que cada pessoa possui um perfil conceitual e escolhe a(s) face(s) desse perfil para responder as diferentes situações confrontadas.

Implicações

Quanto a abordagem metodológica utilizada no grupo, salienta-se que a problematização, com conotação histórica, de conceitos tidos como verdades/permanentes possibilitou a (re)construção e o alargamento conceitual, estabelecendo novas fronteiras, coadunando com um pensamento mais dinâmico e provisório do conhecimento científico. Também pode possibilitar a percepção por parte dos sujeitos envolvidos de uma visão sistêmica do conhecimento, em que os conceitos constituem-se em sistemas que possuem certa continuidade, com momentos de descontinuidade e rupturas no processo de (re)construção conceitual que é único e dinâmico em cada indivíduo.

Somente com o acesso dos professores e pesquisadores em formação inicial a novas ideias e formas de conceber a relação genótipo e fenótipo, poderá haver a ruptura com os obstáculos epistemológicos elencados, tais como o determinismo genético. Nesta perspectiva, os estudos realizados junto ao grupo constituíram-se como uma possibilidade de trabalhar a história e epistemologia da biologia na formação inicial de professores e pesquisadores, contribuindo para a inclusão do desenvolvimento do organismo na relação genótipo e fenótipo e, conseqüentemente, de uma visão mais integrada da biologia por parte dos acadêmicos investigados.

Evidenciou-se que as discussões coletivas em grupos de pesquisa em epistemologia da biologia, como no caso do grupo, podem contribuir para a relação do sujeito com o outro. A mediação produzida nos grupos e a intenção pela busca de um conhecimento mais contextualizado (Maldaner, 2006) permitem que um novo modo de conceber os modelos explicativos dos processos biológicos seja coletivamente construído e, individualmente, significado e internalizado. Assim, os professores e pesquisadores em formação inicial estabelecem novas fronteiras de pensamento na compreensão do conhecimento biológico e o seu ensino.

Agradecimento

Este artigo é resultado de pesquisa realizada com o apoio da Fundação Araucária/SETI – Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, Brasil.

Referências bibliográficas

Andrade, M.A.B.S. (2011). *A epistemologia da biologia na formação de pesquisadores: compreensão sistêmica de fenômenos moleculares*. Tese de doutorado, Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru.

Araújo, A.M. (2006). Síntese evolutiva, constrição, ou redução de teorias: há espaços para outros enfoques? *Filosofia e História da Biologia*, 1, 5-18.

Bachelard, G. (1978). *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural.

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico*. São Paulo: Contraponto.

- Bachelard, G. (2006). *A epistemologia*. Lisboa: Edições 70.
- Bakhtin, M. (2006). *Marxismo e filosofia da linguagem*. 12 ed. São Paulo: Hucitec.
- Bardin, L. (2000). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bellini, L. M. (2008). A evolução dos evolucionistas. Em M.C.D. Neves; J.A.P. Silva (Orgs.), *Evoluções e revoluções: o mundo em transição* (pp. 13-30). Maringá: Massoni.
- Bonzanini, T.K. (2011). *Ensino de temas da genética contemporânea: análise das contribuições de um curso de formação continuada*. Tese de doutorado, Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru.
- Dias Correia, J.H.R. e A.A. Dias Correia. (2007). Alguns aspectos funcionais do epigenoma, genoma e transcriptoma nos animais. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 8, 10, 1-22. Em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- Giordan, A. e G. Vecchi (1996). As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Infante-Malachias, M.E.; Padilha, I.Q.M.; Weller, M. e S. Santos (2010). Comprehension of basic genetic concepts by Brazilian undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9, 3, 657-668. Em <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- Jablonka, E. e M. Lamb (2005). *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in history of life*. Cambridge, Massachussets: MIT Press.
- Johannsen, W. L. (1911). The genotype conception of heredity. *The American Naturalist*, 45, 531, 129-159.
- Justina, L.A.D. e N. Ferrari (2010). *A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico*. Cascavel/PR: Edunioeste.
- Lewontin, R. (2002). *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Lôbo, S.F. (2008). O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação*, 14, 1, 89-100.
- Maldaner, O.A. (2006). *A formação inicial e continuada de professores de química – professores/pesquisadores*. 3 Ed. Ijuí/RS: Unijuí.
- Meglhioratti, F. A.; Andrade, M.A.B.S. e A.M.A. Caldeira (2010). Ensino de biologia: a necessária compreensão entre biologia e ideologia. Em: Ferraz, D.F.; Justina, L.A.D.; Meglhioratti, F.A. e C.A. Polinarski (Orgs), *Biologia em foco 2: As ciências biológicas em diferentes contextos* (pp. 9-26). Cascavel: Edunioeste.

Mortimer, E.F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1, 1, 20-39. Em http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID8/v1_n1_a2.pdf.

Newmann-Held, E.M. (2001). Let's talk about genes: the process molecular gene concept and its context. Em Oyama, S.; Griffiths, P.E.; Gray, R. (Eds.). *Cycles of contingency: developmental systems and evolution* (pp. 69-84). Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press.

Oyama, S.; Griffiths P.E. e R. Gray (2001). Introduction: what is developmental systems theory? Em Oyama, S.; Griffiths, P.E. e R. Gray (Ed.). *Cycles of contingency: developmental systems and evolution* (pp. 1-11). Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press.

Patton, M.Q. (2001). *Qualitative research and evaluation methods*. Califórnia/EUA: Sage Publications.

Pedrancini, V.D.; Corazza-Nunes, M. J.; Galuch, M.T.B.; Moreira, A.L.O. R. e A. C. Ribeiro (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, 2, 299-309. Em <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

Pedrancini, V.D.; Corazza, M.J. e M.T.B Galuch (2011). Mediação pedagógica e a formação de conceitos científicos sobre hereditariedade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10, 1, 109-132. Em <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

Portin, P. (2002). Historical development of the concept of the gene. *Journal of Medicine and Philosophy*, 27, 3, 257-286.

Rodriguez, M. B. (2005). Há 100 anos era descoberto o papel do cromossomo x: Genética ou ambiente? *Ciência Hoje*, 36, 216, 69-71.

Santos, V.C. e C. N. El-Hani (2009). Ideias sobre genes em livros didáticos de Biologia do ensino médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9, 1, 1-23.

Schneider, E.M.; Justina, L.A.D.; Andrade, M.A.B.S.; Oliveira, T.B.; Caldeira, A.M.A. e F.A. Meghioratti (2011). Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16, 2, 201-222.

Souza Filho, M.P.; Boss, S. L. B. e J.J. Caluzi (2010). Formação de novas zonas do perfil epistemológico bachelardiano: alguns resultados de uma pesquisa baseada nas etapas da conscientização e familiarização. Em F. Bastos (Org.), *Ensino de ciências e matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas* (pp. 169-191). São Paulo: Cultura Acadêmica.

Vasconcellos, M.J.E. (2002). *Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência*. 8. ed. Campinas, SP: Papirus.

Waddington, C. H. (1979). *Instrumental para o pensamento*. São Paulo: Edusp.