



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA**

LOURDES APARECIDA DELLA JUSTINA

**INVESTIGAÇÃO SOBRE UM GRUPO DE PESQUISA COMO
ESPAÇO COLETIVO DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
E PESQUISADORES DE BIOLOGIA**

Bauru

2011

LOURDES APARECIDA DELLA JUSTINA

**INVESTIGAÇÃO SOBRE UM GRUPO DE PESQUISA COMO
ESPAÇO COLETIVO DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES
E PESQUISADORES DE BIOLOGIA**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” *Campus* de Bauru –
Programa de Pós-Graduação da Faculdade de
Ciências, como requisito à obtenção do título de
Doutor em Educação para a Ciência.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Maria de Andrade
Caldeira.

Bauru

2011

Justina, Lourdes Aparecida Della.

Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço coletivo de formação inicial de professores e pesquisadores de biologia / Lourdes Aparecida Della Justina, 2011

238 f. : il.

Orientador: Ana Maria de Andrade Caldeira

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2011

1. Epistemologia e história da biologia. 2. Formação de professores. 3. Conceitos de genótipo e fenótipo. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço coletivo de formação inicial de professores e pesquisadores de Biologia.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE LOURDES APARECIDA DELLA JUSTINA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 12 dias do mês de dezembro do ano de 2011, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-Graduação, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, Profa. Dra. FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI do(a) Centro de Ciências Biológicas e Da Saúde / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. MARCOS RODRIGUES DA SILVA do(a) Departamento de Filosofia / Universidade Estadual de Londrina, Profa. Dra. THAIS GIMENEZ DA SILVA AUGUSTO do(a) Departamento de Economia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de LOURDES APARECIDA DELLA JUSTINA, intitulada "Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço coletivo de formação inicial de professores e pesquisadores de Biologia". Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Profa. Dra. ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA


Profa. Dra. FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI


Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO

Prof. Dr. MARCOS RODRIGUES DA SILVA


Profa. Dra. THAIS GIMENEZ DA SILVA AUGUSTO

DEDICATÓRIA

A todos os professores e pesquisadores que ultrapassam a superfície do diagnóstico dos problemas no ensino de biologia e aprofundam suas investigações apontando possibilidades reais de melhoria deste. Assumem assim, que podem fazer a diferença.

AGRADECIMENTOS

À professora Ana Maria de Andrade Caldeira, orientadora deste trabalho de doutorado, pelas contribuições ao longo desses quase quatro anos de pesquisa. Também por acreditar no meu potencial como pesquisadora, e pelo apoio no enfrentamento dos momentos difíceis pelos quais passei neste período.

Aos participantes do GEBCA do ano de 2009, os quais foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas de pós-graduação Fúlvia, Mariana, André, Wellington, Deise, Simone e Caroline, pelo apoio e momentos de trocas de ideias.

Às funcionárias do programa de pós-graduação Andressa, Denise, Ana Lucia, e Toninha, pela atenção ao longo destes anos.

Aos professores: Fernanda Aparecida Meghioratti e Marcelo Carbone Carneiro, pelas imprescindíveis análises e sugestões durante o exame de qualificação, que permitiram a elaboração de um trabalho que melhor representasse a investigação realizada.

Aos professores da área de ensino de ciências e biologia da Universidade Estadual de Oeste do Paraná: Daniela, Fernanda, Celso, André e Irene, pela amizade e por possibilitarem meu afastamento para cursar o doutorado. Um agradecimento especial a minha colega pesquisadora Fernanda que foi fundamental na implementação e desenvolvimento das atividades no GEBCA e também por dividir momentos de imbrólios de natureza diversa. Também um agradecimento em especial à Daniela que tem me ajudado a ter coragem no aceite de novos desafios no campo profissional e pessoal.

Às grandes mulheres pesquisadoras e orientadoras que guiaram meus passos na área de ensino de ciências e biologia: Mary Angela Leivas Amorim (graduação); Nadir Ferrari/Vivian Leyser da Rosa (mestrado) e Ana Maria de Andrade Caldeira (doutorado) que são exemplos de força, paciência, bondade, ética e profissionalismo.

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro, mediante o fornecimento de bolsas de capacitação docente e deslocamento.

À Unioeste pela oportunidade de cursar o doutorado com afastamento integral.

À Sophia, minha maior fonte de inspiração, por meio de sua alegria constante me dá forças para seguir sempre em frente.

Ao Jefferson por estar ao meu lado e ser meu companheiro nessa jornada chamada vida.

Aos meus pais, sogros e demais familiares que torcem para que tudo dê certo. À Edith (*in memoriam*), que até 2007 foi, e continua na memória como, o membro da família Della Justina mais presente em minha vida nos momentos que mais precisei de um abraço, seja de comemoração ou de resignação. Você foi um exemplo evidente da dualidade de força e de fragilidade na qual somos constituídos.

A Deus e Nossa Senhora de Schoenstatt que me deram condições de enfrentamento das dificuldades, ausências e limitações ao trilhar o caminho com a força inerente ao povo gaúcho, desde a infância como filha de agricultores até me tornar doutora em território paulista.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram, quer seja com um sorriso, abraço e/ou palavra amiga para o enfrentamento das adversidades, e também nos momentos de comemoração!

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. INVESTIGAÇÃO SOBRE UM GRUPO DE PESQUISA COMO ESPAÇO COLETIVO DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES E PESQUISADORES DE BIOLOGIA. 2011, 238 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.

RESUMO

A formação de professores tem sido objeto de inúmeras discussões no âmbito da pesquisa em ensino de ciências e biologia. O objetivo deste trabalho é trazer à tona novos elementos que corroborem com esta discussão, evidenciando a relevância e como a abordagem epistemológica da biologia pode ser inserida na formação inicial de professores e pesquisadores. O presente trabalho está centrado em quatro momentos básicos: (1) Algumas reflexões acerca da formação inicial de professores e pesquisadores de biologia; (2) Possibilidades e limites da articulação da epistemologia, da história e do ensino de biologia; (3) A construção dos conceitos de genótipo e fenótipo - do episódio histórico de sua proposição conceitual inicial, passando pelo enfoque em uma perspectiva sistêmica, a uma visão plural; (4) A investigação empírica junto a um Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia – GEBCA. A análise dos resultados obtidos junto ao GEBCA sugere que a inserção de discussões de cunho histórico e epistemológico em um grupo de pesquisa pode favorecer reflexões que contribuem para a construção de uma visão epistemológica consistente sobre a biologia em seus diferentes contextos, por parte de professores e pesquisadores.

Palavras-chave: Epistemologia da biologia. Formação inicial de professores. Grupo de pesquisa. Ensino de biologia. Relação genótipo-fenótipo.

ABSTRACT

The training of teachers has been the subject of numerous discussions in the context of research in science and biology education. The objective of this paper is to bring to light new evidence that support this discussion, demonstrating the relevance and how the epistemological approach of biology can be inserted into the initial training of teachers and researchers in biology. This paper focuses on four basic moments. (1) Some reflections on the initial training of teachers and researchers in biology, (2) Possibilities and limits of articulation of epistemology, history and biology education, (3) The construction of the concepts of genotype and phenotype - the historical episode its initial conceptual proposition, through a focus on systemic perspective of a plural view; (4) Empirical enquiry with a Group of Researchers in Epistemology of Biology - GEBCA. The results obtained from the GEBCA suggests that the inclusion of discussions of the historical and epistemological in a research group can promote reflections that contribute to building a consistent epistemological view on biology in different contexts, by teachers and researchers.

Keywords: Epistemology of biology. Initial training of teachers. Research group. Biology education. Genotype-phenotype relationship.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O perfil epistemológico de Bachelard em relação ao conceito de massa (Bachelard, 1978, p. 27).....	42
Figura 2 - W. L. Johannsen. Fonte: Rozanski's home page/ http://www.rozanski.gower.pl/mendelizm2002.htm	65
Figura 3 - W. L. Johannsen e W. Bateson. Fonte: http://www.mpiwg-berlin.mpg.de	68
Figura 4 - Diagrama das atividades desenvolvidas no GEBCA que são objeto de estudo nessa tese.....	105
Figura 5 - Modelo explicativo de rede conceitual envolvendo o sistema genótipo-fenótipo de um organismo.....	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Construção do conceito de genótipo na obra de Johanssen, com base no exposto por Wanschier (1975)	76
Quadro 2 - Possíveis articulações entre conceitos bachelardianos e a dimensão histórica da teoria genotípica.....	85
Quadro 3 - Potencial perfil epistemológico e conceitual da relação entre os conceitos de genótipo e fenótipo	91
Quadro 4 - Atividades realizadas no GEBCA nos anos de 2009 e 2010, que são objeto de análise na presente tese	101
Quadro 5 - Sínteses de significação do coletivo do grupo sobre a visão de ciência e biologia nos encontros em que este conceito foi discutido diretamente e na entrevista final	118
Quadro 6 - Síntese de significação do coletivo do grupo no primeiro momento	123
Quadro 7 - Síntese de significação do coletivo do grupo no segundo momento.....	126
Quadro 8 - Exemplos de enunciados emitidos por participantes para uma mesma questão-problema de forma escrita e durante as discussões no grupo.....	132
Quadro 9 - Síntese de significação do coletivo do grupo no terceiro momento.....	133
Quadro 10 - Síntese de significação individual na entrevista final.....	139
Quadro 11 - Distribuição de ideias dos sujeitos pesquisados nos distintos momentos de discussão e zonas do perfil epistemológico e conceitual	141
Quadro 12 - Distribuição das ideias individuais dos sujeitos investigados	145
Quadro 13 - Síntese comparativa das motivações iniciais e as percepções finais em relação ao GEBCA.....	158
Quadro 14 - Sínteses de significação da visão do coletivo de sujeitos acerca do uso da história da Ciência no ensino durante o desenvolvimento do grupo em 2009.....	166
Quadro 15 - Síntese de significação da visão do coletivo de sujeitos acerca do desenvolvimento do pensamento interdisciplinar.....	170
Quadro 16 - Síntese de significação da visão do coletivo de sujeitos acerca do GEBCA como espaço de pesquisa	172
Quadro 17 - Pesquisas de iniciação científica desenvolvidas no GEBCA que tiveram início em 2009	177
Quadro 18 - Síntese comparativa da idéia inicial e alargamento	

do pensamento acerca de eugenia ao final do desenvolvimento da pesquisa de A7 e A9.....	184
Quadro 19 - Síntese comparativa da idéia inicial e alargamento do pensamento acerca de Sistemática Filogenética ao final do desenvolvimento da pesquisa de A5	188

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – NA FRONTEIRA DA RUPTURA COM O SENSO COMUM: UM CAMINHO A SER TRILHADO NA LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.. 7	
1.1 A Licenciatura em Ciências Biológicas: duas profissões em uma?.....	7
1.2 Uma reflexão sobre obstáculos que comprometem a necessária renovação na formação de professores de biologia.....	12
1.3 Alguns caminhos a serem trilhados na Licenciatura em Ciências Biológicas.....	16
1.3.1 A (re)construção do conhecimento disciplinar	17
1.3.2 O trabalho coletivo: interações, diálogos e (res)significações.....	19
1.3.3 A iniciação à pesquisa.....	22
1.4 Os grupos de estudos e pesquisas como espaço coletivo de (re)construção do conhecimento	25
1.5 Algumas considerações.....	27
CAPÍTULO 2 – É POSSÍVEL ARTICULAR A EPISTEMOLOGIA, A HISTÓRIA E O ENSINO DE BIOLOGIA?	
2.1 (Re)aproximações entre a epistemologia, a história e o ensino	30
2.2 Algumas ideias de Gaston Bachelard	37
2.3 Uma breve reflexão sobre a biologia como ciência	44
2.3.1 A epistemologia da biologia	47
2.4 O conhecimento biológico no contexto do ensino.....	51
2.4.1 Recorrendo a inclusão de episódios científicos para entender o conhecimento biológico	55
2.5 Algumas considerações.....	62
CAPÍTULO 3 – A CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE GENÓTIPO E FENÓTIPO 64	
3.1 A genética no início do século XX	66
3.2 A teoria da herança genotípica.....	69

3.2.1 Experimentos com linhas puras de Johanssen.....	70
3.2.2 A proposição dos conceitos de genótipo e fenótipo.....	72
3.2.3 Desenvolvimento do pensamento de Johanssen.....	75
3.2.4 Repercussões da teoria genotípica	77
3.2.5 (Re)construção dos conceitos de genótipo e fenótipo.....	78
3.3 Os conceitos de genótipo e fenótipo em uma perspectiva sistêmica	81
3.4 A teoria genotípica à luz da epistemologia bachelardiana: contribuições para o estudo do genótipo e fenótipo	84
3.4.1 Diferentes faces da relação entre os conceitos de genótipo e de fenótipo em um perfil epistemológico	90
3.5 Algumas considerações.....	91

CAPÍTULO 4 – CONTEXTO DA PESQUISA: O GRUPO DE PESQUISADORES EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA DE CASCAVEL/PR (GEBCA).....	94
4.1 Sobre a pesquisa qualitativa.....	94
4.2 Sobre os sujeitos investigados	96
4.2.1 Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia de Cascavel/Paraná - GEBCA	97
4.3 Construindo um <i>Corpus</i> de Pesquisa	99
4.3.1 O desenvolvimento das atividades no GEBCA	100
4.3.2 Dinâmica dos encontros do grupo.....	104
4.4 Enfoque analítico dos dados	106

CAPÍTULO 5 – O DESENVOLVIMENTO DE IDEIAS NO GEBCA: DA VISÃO DE CIÊNCIA À (RE)CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE GENÓTIPO E FENÓTIPO	109
5.1 Visão de ciência e biologia	109
5.2 A (re)construção dos conceitos de genótipo e fenótipo pelos estudantes participantes do GEBCA	120
5.2.1 Ideias iniciais sobre os conceitos de herança, genótipo e fenótipo.....	120
5.2.2 Contextualização histórica: da teoria genotípica ao conceito versátil	123
5.2.3 Da epigenética à inclusão do organismo na relação genótipo, fenótipo e ambiente.	126
5.2.4 Os conceitos de gene, genótipo e fenótipo explicitados pelos sujeitos da pesquisa na entrevista final.....	133

5.2.5 Das certezas a uma visão plural: a (re)construção conceitual dos participantes do GEBCA	139
5.3 Explicitando a relação genótipo e fenótipo à luz da biologia sistêmica	148
5.4 A (re)construção de conceitos biológicos na formação inicial de professores	150
5.5 Algumas considerações.....	152

CAPÍTULO 6 - A PERCEPÇÃO DOS SUJEITOS INVESTIGADOS

ACERCA DO PAPEL DO GEBCA NA SUA FORMAÇÃO COMO PROFESSORES E PESQUISADORES	155
6.1 Expectativas iniciais sobre o grupo <i>versus</i> percepções finais.....	155
6.2 O GEBCA na formação de professores e pesquisadores de biologia	159
6.2.1 A inclusão de episódios históricos no ensino	159
6.2.2 Do pensamento disciplinar ao interdisciplinar do conhecimento biológico	166
6.2.3 O GEBCA na formação para a pesquisa.....	170
6.3 A pesquisa de iniciação científica como espaço de articulação entre a epistemologia, a história e o ensino de biologia na formação inicial de professores e pesquisadores	175
6.3.2 A pesquisa acerca do tema “eugenia”	179
6.3.3 A pesquisa acerca do tema “sistemática e filogenia”	185
6.4 Repercussões da participação no grupo e articulações em outros espaços/contextos .	189
6.5 Limitações e possibilidades para a continuidade do grupo na perspectiva dos sujeitos da pesquisa	190
6.6 Alguns apontamentos sobre os “significados” do GEBCA para os sujeitos da pesquisa	191

CONCLUSÕES	193
------------------	-----

REFERÊNCIAS.....	198
------------------	-----

APÊNDICES

APÊNDICE A - Ficha de inscrição para o GEBCA	213
APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido	214
APÊNDICE C - Questionário I – Primeira coleta de dados com o grupo focal	215
APÊNDICE D - Questões norteadoras dos encontros de discussão coletiva	216
APÊNDICE E - Entrevista semi-estruturada individual.....	221

ANEXO

ANEXO A - Aprovação do projeto de pesquisa no comitê de ética.....222

INTRODUÇÃO

Os primeiros contatos com referenciais teóricos associados ao ensino/educação foram obtidos, no início da década de 1990, no Curso de Habilitação Magistério, período em que muito se falava, sobre a teoria construtivista e também foram apresentadas algumas das ideias de que os conteúdos escolares deveriam ser contextualizados, ao estabelecer relações entre o conhecimento escolar e o cotidiano dos alunos. Entretanto, os primeiros passos na trajetória no campo de pesquisa em ensino de ciências começaram a ser trilhados em 1995 com o transcorrer da Licenciatura em Ciências Biológicas. Inicialmente junto à Sala de Ciências, que em 1996 passou a ser o Núcleo de Educação e Ciências/NEC da Universidade Federal de Santa Maria/RS. Neste núcleo foi possível acompanhar até 1998 o desenvolvimento de projetos de pesquisa que visavam à melhoria do ensino de ciências em diversas temáticas.

Em 1999, com o ingresso no Programa de Pós-Graduação em Educação – Ensino de Ciências da Universidade Federal de Santa Catarina, o desenvolvimento da pesquisa de mestrado esteve alocado junto ao Núcleo de Estudos de Genética Humana/NUEG. Neste momento, foi possível refletir acerca da construção histórica de alguns conceitos da hereditariedade e seu ensino.

De 2002 até o momento com a atuação no ensino superior, tenho atuado como docente formadora de professores de ciências e biologia, e uma das pesquisadoras líderes do Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Biologia – GECIBIO. Nesse contexto, algumas problemáticas da formação de professores passaram a instigar. Dentre elas está o fato de várias investigações realizadas tanto no Brasil como em outros países, alertarem para a compreensão equivocada da natureza da ciência por professores de ciências e em especial os de biologia da educação básica. Para Allchin (2008), tais interpretações científicas da natureza podem ter conseqüências sociais profundas. Portanto, se deve identificar tais erros recorrentes tematicamente, contudo, a identificação dos mesmos pode guiar uma análise que melhore a confiabilidade do discurso científico.

Tal quadro indica a necessidade de buscar possibilidades para a superação de tal dificuldade, haja vista que a forma que o professor compreende a natureza da ciência pode trazer implicações em como esta é abordada nos diferentes níveis de ensino e o modo como estes concebem o processo de ensino e aprendizagem do conhecimento científico. Neste sentido, Acevedo Díaz (2008) deixa claro o apoio à abordagem da

natureza da ciência na educação científica, mas alerta de que são necessárias investigações empíricas para poder se afirmar que realmente uma adequada compreensão da natureza da ciência possa contribuir de modo significativo para que: (1) os professores de ciências adquiram mais competência e qualificação profissional em sua prática docente, e (2) os estudantes e as pessoas adultas sejam capazes de desenvolver atitudes e crenças mais adequadas sobre a ciência que as ajudem a alcançar uma educação científica mais completa. Isto pressupõe romper com algumas ideias que permeiam os diferentes contextos de ensino. Uma delas é a visão de ciência como descoberta de verdades prontas na natureza e passar a concebê-la como um sistema coerente de conceitos e concepções que integram a cultura humana gerando modelos explicativos para os fenômenos e objetos. Outra visão é de que existe a ciência, desconsiderando de que as ciências (biologia, química, física, outras) possuem suas particularidades, com características próprias.

Nesta perspectiva, em 2008, com o ingresso no doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista - Unesp, na tentativa de contribuir para a elucidação/proposição de alternativas que possibilitem apontar indicativos para a superação de tais problemáticas acerca da percepção da natureza da ciência por professores, foi desenvolvido este trabalho que está centrado em quatro etapas básicas. (1) Algumas reflexões acerca da formação inicial de professores e pesquisadores de biologia; (2) Possibilidades e limites da articulação da epistemologia¹, da história e do ensino da Biologia; (3) A construção dos conceitos de genótipo e fenótipo - do episódio² histórico de sua proposição conceitual inicial perpassando uma perspectiva sistêmica a uma visão plural; (4) A investigação empírica junto a um grupo de pesquisadores em epistemologia da biologia, com base no uso de discussões envolvendo aspectos relacionados ao conhecimento biológico, tais como a construção da relação genótipo e fenótipo.

O objetivo geral deste trabalho foi investigar a contribuição da inserção de licenciandos em um grupo de pesquisa em epistemologia da biologia na sua formação

¹ Compreende-se epistemologia da biologia como parte da filosofia da biologia. Entretanto a primeira é mais restritiva, pois busca entender a biologia como uma ciência e os elementos próprios desta ciência, enquanto a segunda estuda também os elementos metafísicos na biologia, por exemplo: se existe alma no organismo (Comunicação pessoal pelo Professor Doutor Marcelo Carbone Carneiro, durante a Banca de Qualificação da presente tese, em abril/2011).

² O termo episódio é utilizado como uma forma de recorte de um fato científico, mas sem retirá-lo do contexto de sua inserção histórica. Portanto não tem conotação restritiva, considerando-o como parte de um processo, englobando também outros aspectos que envolvem o período histórico.

inicial como professores e pesquisadores³ de biologia, mediante o enfoque problematizador do conhecimento biológico, que contemplou explicitamente, além de aspectos históricos e conceituais da relação genótipo-fenótipo, aqueles referentes ao contexto de seu ensino.

A investigação empírica de tese esteve inserida em uma pesquisa mais ampla junto a um grupo de pesquisadores que estudam história e epistemologia da biologia, denominado Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia de Cascavel/PR (GEBCA). Este grupo está vinculado ao Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Biologia – GECIBIO, constituído por graduandos, pós-graduandos e docentes da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. No GEBCA são realizados estudos e investigações acerca da história, epistemologia e ensino da biologia, desde maio de 2009. Trata-se de um grupo voltado para a formação de biólogos licenciados⁴ (pesquisadores e professores), tendo como aporte teórico aspectos históricos e epistemológicos do conhecimento biológico. A metodologia adotada no grupo, durante os encontros semanais, foi a problematização de conceitos científicos da biologia com enfoque na história destes e o estabelecimento de entrelaces com suas abordagens no âmbito do ensino, tanto na formação inicial de professores como na educação básica.

No primeiro capítulo desta tese apresenta-se uma discussão acerca da formação de professores e pesquisadores, em que são apontados alguns limites que estão presentes na licenciatura, como é o caso da ausência de uma compreensão mais contemporânea da atividade científica. Eles impedem a ruptura com o senso comum e comprometem a renovação na formação de professores no sentido de incorporação de indicativos da pesquisa em ensino de ciências, de cunho didático-pedagógicos, bem como de uma abordagem de um conteúdo biológico em uma perspectiva de profissionalização de professores de biologia.

Ideias associadas ao senso comum e que por vezes são balizadoras de práticas adotadas na formação inicial de professores permeiam o universo acadêmico e são

³ Concebe-se, na presente pesquisa, a Licenciatura em Ciências Biológicas como espaço de formação inicial dos profissionais: professor e pesquisador. Compreende-se professores como os profissionais que ministram a disciplina de biologia no ensino médio. Já pesquisadores são aqueles que realizam pesquisas de cunho acadêmico relacionada a uma ou mais das diferentes áreas da biologia, incluindo o seu ensino.

⁴ O grupo incluiu apenas graduandos da Licenciatura em Ciências Biológicas – os quais nesse trabalho são chamados de biólogos licenciados. Salienta-se a existência na Unioeste do curso de graduação de Bacharelado em Ciências Biológicas.

elementos da formação ambiental⁵. Estas ideias podem ser evidenciadas em falas tanto de professores formadores como de licenciandos, tais como: “bacharel forma pesquisador, licenciatura não”; “biólogo que pesquisa sobre o ensino, não é pesquisador”; e “professor de biologia não é biólogo”. Quanto à biologia o discurso muitas vezes aparece como: “uma área fácil, é só descrição”. Quanto à escolha do curso de graduação: “é a opção para quem não foi capaz de ingressar em medicina” ou “não é capaz de fazer outro curso, como física” e sobre a inserção da história da biologia: “para que ficar falando sobre conhecimentos que não valem mais”; “o currículo já está inchado demais, vai faltar tempo para as disciplinas específicas e para as pedagógicas”.

A concepção curricular de um curso de formação de professores de biologia deve propiciar rupturas e (des)continuidades contribuindo com a perspectiva interdisciplinar e uma visão de biologia como uma ciência autônoma (MAYR, 2005), com características próprias. Neste sentido, pretende-se direcionar o olhar sobre a formação do professor de biologia, na presente tese, numa perspectiva de professor e pesquisador com pensamento crítico, inserindo os graduandos em atividades de estudo em epistemologia da biologia, criando um espaço teórico para a construção de conhecimento.

Nesta direção, no segundo capítulo a discussão é acerca da possível articulação entre epistemologia, história e ensino de biologia. Também se discute a relevância de um material de cunho histórico se constituir em um instrumento didático com potencial de possibilitar o aporte de aspectos conceituais, epistemológicos e didáticos. Alguns conceitos da epistemologia bachelardiana são apontados como uma possibilidade para a referida articulação.

Ao iniciarmos o século XXI é consenso entre os pesquisadores da área sobre a existência de limitações quanto à operacionalização da abordagem histórica na formação inicial de professores. Para abordar a história da ciência, o docente atuante na formação inicial de professores deve refletir sobre os limites e possibilidades para que esse tema seja contextualizador de conceitos específicos na área. No entanto, isso não significa impor um simples modelo sistematizado para tanto, mas levar em consideração em sua abordagem as diferentes possibilidades metodológicas para o enfoque epistemológico com os professores em formação inicial.

⁵ Formação ambiental é fruto das experiências vivenciadas como alunos desde o início de sua escolarização ou mesmo na formação universitária e/ou como professor (CARVALHO; GIL-PEREZ, 2009).

No terceiro capítulo, com o intuito de promover reflexões acerca da epistemologia e história da biologia, é discutida a construção conceitual de genótipo e fenótipo na perspectiva de descontinuidade, com especial atenção ao início do século XX, recorrendo à fonte primária da teoria genotípica de Wilhelm L. Johannsen. Após são discutidos conceitos atuais de genótipo e fenótipo na perspectiva da biologia sistêmica, como possibilidade de compreensão do conhecimento biológico de forma integrada.

Após, no quarto capítulo, são apresentados os aportes metodológicos que embasam a presente pesquisa. O percurso do Grupo de Pesquisadores em Epistemologia de Biologia de Cascavel/PR – GEBCA, nos encontros semanais do grupo no ano de 2009, e a continuidade das pesquisas de iniciação científica no ano de 2010. Também acerca do enfoque analítico dos dados.

Nos dois últimos capítulos é apresentada a análise e discussão dos resultados da pesquisa empírica perpassando algumas das concepções dos envolvidos ao longo do desenvolvimento do grupo.

No quinto capítulo é investigada a reconstrução conceitual do grupo no decorrer de 2009. Inicialmente abordam-se as visões de ciência e biologia. Na sequência, a percepção dos licenciandos dos conceitos de genótipo e fenótipo ao longo do desenvolvimento do grupo, com uma análise baseada nos conceitos da epistemologia bachelardiana de perfil epistemológico e de obstáculo epistemológico. Após é proposto um modelo explicativo construído a partir das discussões no GEBCA para a relação entre genótipo e fenótipo em uma perspectiva da biologia sistêmica.

No sexto capítulo as concepções discutidas referem-se a algumas ideias emitidas pelos participantes do GEBCA durante a discussão de alguns tópicos, compreendendo o questionário inicial, atividades no GEBCA durante o ano de 2009 e entrevista individual final. A discussão compreende o comparativo entre as expectativas iniciais e as percepções finais dos estudantes sujeitos da pesquisa enquanto a sua participação no grupo; papel desempenhado pelo grupo na formação de professores e de pesquisadores; e, repercussões do grupo em outros contextos. Busca-se também evidenciar se é possível e quais são as limitações de conceber um grupo de pesquisas em epistemologia como espaço de articulação entre a epistemologia, a história e a didática da biologia na formação inicial de professores. Para tanto são apresentadas e discutidas pesquisas de iniciação científica desenvolvidas por membros do grupo no período de 2009 e 2010 com a orientação das mediadoras do GEBCA. Inicialmente apresenta-se de forma breve o

percurso das atividades de pesquisa. Após são analisados e discutidos os materiais produzidos por duas dessas pesquisas.

Espera-se contribuir para fomentar reflexões, ações e (res)significações acerca da inserção da epistemologia da biologia na formação de professores, mediante a compreensão do caminho percorrido por um grupo de pesquisadores composto por professores de biologia em formação inicial, de como concebem as ciências biológicas e da (re)construção conceitual no percurso do grupo. Há uma singularidade quando da inclusão da abordagem histórica na articulação entre formação inicial de professores/conhecimento biológico/epistemologia da biologia/ensino. Nesta perspectiva, buscou-se evidenciar uma forma de inserir discussões epistemológicas na formação inicial de professores e pesquisadores de biologia, mediante um grupo de pesquisa como espaço de entrelaçamento de aportes teóricos da epistemologia, da história e do ensino da biologia.

CAPÍTULO 1 – NA FRONTEIRA DA RUPTURA COM O SENSO COMUM: UM CAMINHO A SER TRILHADO NA LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

No que tange à pesquisa acadêmica, a formação de professores tem sido objeto de crescente atenção desde a segunda metade do século XX. Dos professores têm sido investigadas não somente as suas deficiências e insuficiências em sua atuação, mas também a origem dessas dificuldades que podem ser relacionadas a diferentes fatores, como formação inicial e continuada, organização dos sistemas de ensino, falta de recursos pedagógicos, políticas públicas, entre outros. Entretanto, Terrazzan (2007, p. 154) argumenta em relação à pesquisa da formação inicial de professores:

[...] temos um investimento muito menor, em termos de estudos acadêmicos, abrangentes e aprofundados, sobre Formação Inicial de Professores, seja na área de Educação como um todo, seja na Educação em ciências em particular. As políticas públicas provocam, orientam, induzem mudanças nesse setor, mas estuda-se muito pouco, de modo rigoroso, sobre os impactos, os limites e as possibilidades de tais mudanças.

Nesse panorama, a fim de contribuir com as discussões acerca da formação inicial de professores e pesquisadores que cursam a Licenciatura em Ciências Biológicas, no presente capítulo, inicialmente faz-se uma discussão sobre alguns pontos da legislação e diretrizes que norteiam a formação de biólogos licenciados, apontando-se algumas questões que merecem reflexões e também de serem investigadas. Na sequência, faz-se uma reflexão sobre algumas limitações na prática da formação inicial de professores. Após são discutidos alguns desafios para a formação para uma prática interdisciplinar, com enfoque na reconstrução do conhecimento científico disciplinar, possíveis interações que emergem no coletivo do trabalho em grupo e a relevância da iniciação científica para os graduandos em Ciências Biológicas. Ao final são apresentados alguns apontamentos acerca de um grupo de pesquisa ser concebido como espaço de formação inicial de professores e pesquisadores.

1.1 A Licenciatura em Ciências Biológicas: duas profissões em uma?

Ao iniciarmos o século XXI, o espaço reservado às atividades dos biólogos licenciados não é mais somente a escola. Estes profissionais estão ocupando cada vez mais espaços como museus, parques, institutos de proteção ambiental, entre outros. Conforme Guimarães (2005), a escola é só mais um espaço para a produção de significados a respeito de temáticas associadas à biologia.

Na Lei n.º. 6684/1979, que regulamentou a profissão de biólogo, deu às duas modalidades – Bacharelado e Licenciatura – tratamento isonômico. Aos cursos de Bacharelado e Licenciatura em História Natural e ou Ciências Biológicas previu-se o mesmo conteúdo e carga horária quanto aos componentes curriculares da área biológica. O ingresso no ensino superior era direto no curso de Ciências Biológicas, ocorrendo a diplomação de bacharéis e quando houvesse a integralização de atividades e disciplinas da área didático-pedagógica, recebia-se o diploma de Licenciatura (BRASIL, 2010b). Assim, o licenciado tinha uma formação “a mais” que o bacharel, com a possibilidade de dar aulas na educação básica. Atualmente, essa visão perdura, por vezes, no meio acadêmico, como fica evidenciado em projetos pedagógicos de cursos de licenciatura, como na seguinte transcrição do fragmento de um desses documentos:

O licenciado necessita de amplos conhecimentos em métodos e técnicas do trabalho pedagógico, visto que além do saber científico em Ciências Biológicas, o licenciado deverá, mediante **integralização** do Currículo, dominar amplamente o saber fazer de profissional da educação, deverá saber ensinar (PARANÁ, 2006, s/p, grifo nosso).

Diante desta prática que vem norteando a formação em Ciências Biológicas nas últimas décadas, deve-se considerar, como aponta Trivelato (1995, p. 35), “se há um currículo praticado há também um conjunto de profissionais que o pratica e, portanto, acredita nele”. Entretanto, fica o questionamento: Na atualidade, esse modelo de formação de duas profissões em uma: biólogo e professor – é o mais coerente com os indicativos da pesquisa em ensino de ciências e educação para o âmbito da formação inicial em Ciências Biológicas?

De um lado, em prol da formação de professores, estão as Diretrizes Curriculares para o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas que foram elaboradas para dar conta da perspectiva mais humanista que pretendem introduzir nesses cursos de graduação.

A modalidade licenciatura deverá contemplar, além dos conteúdos próprios das Ciências Biológicas, conteúdos nas áreas de química, física e da saúde, para atender ao ensino fundamental e médio. A formação pedagógica, além de suas especificidades, deverá contemplar uma visão geral da educação e dos processos formativos dos educandos. Deverá também enfatizar a instrumentação para o ensino de ciências no nível fundamental e para o ensino da biologia, no nível médio (BRASIL, 2001, p.6).

Também, estabelecem, na definição dos conteúdos curriculares básicos, um eixo de fundamentos filosóficos e sociais, envolvendo “conhecimentos básicos de história, filosofia e metodologia da ciência, sociologia e antropologia, para dar suporte à sua atuação profissional na sociedade, com a consciência de seu papel na formação de cidadãos” (BRASIL, 2001). Conforme Santos e Infante-Malachias (2008), a licenciatura passou a ser compreendida como um curso que deve ter currículo próprio para cumprir a finalidade de formar educadores para atuar no ensino. Para tanto, segundo Ayres (2005), de acordo com as diretrizes curriculares para a formação de professores, os conteúdos biológicos devem ser tratados com enfoque relacionado à história da ciência, com os princípios metodológicos de cada subárea de conhecimento biológico, sua problematização, integrando pesquisa, ensino e extensão.

De outro lado aponta-se que para atuar nas atividades inerentes ao biólogo bacharel, o licenciado deverá, ter cumprido uma carga horária mínima de 2400 horas de componentes curriculares em Ciências Biológicas conforme a Resolução CNE/CES N^o 02/2002. Atualmente para o licenciado em biologia atuar como biólogo bacharel, o Conselho Federal de Biologia (CFBio) e Conselhos Regionais de Biologia (CRBios) solicitam que esta resolução seja revista e que as licenciaturas passem a contemplar a partir do ano de 2013 a carga horária mínima de 3200 horas de atividades obrigatórias de campo, laboratório e adequada instrumentação técnica em Ciências Biológicas (BRASIL, 2010a, 2010c).

No intuito da profissionalização de biólogos – bacharéis e professores, tem se tentado definir o perfil de cada um desses profissionais. Neste sentido, de acordo com o exposto no Parecer CFBio N^o 01/2010, os primeiros são os responsáveis por atividades técnicas como as de laboratório. Já os licenciados são os responsáveis pelo ensino de ciências e biologia no ensino formal e informal:

Bacharel, como sendo o profissional apto a atuar na pesquisa, projetos, análises, perícias, fiscalização, emissão de laudos, pareceres e outros serviços nas áreas de meio ambiente, saúde e biotecnologia; e do

Licenciado como sendo o profissional apto para atuar na docência de ciências e biologia no ensino fundamental, médio e superior, e em atividades correlatas à docência relativas ao ensino formal e informal. (BRASIL, 2010b, p. 2).

Ao refletir acerca da licenciatura, outro aspecto que não pode ser ignorado, além do perfil profissional que se deseja formar, é a realidade dos ingressantes nesse curso. Em relação ao perfil de grande parte dos licenciandos, Malacarne e Strieder (2011, p. 15), salientam:

Longe do ideal de tê-los à disposição para o desempenho das tarefas atinentes ao seu curso de graduação, inclusive aqueles que já trabalham com docência, é preciso lidar com alunos em dupla jornada. Uma formação inicial que, neste sentido, não leve em consideração a especificidade dos alunos que trabalham e estudam concomitantemente, colabora para ampliar mais as deficiências de sua formação. Sendo assim, a falta de tempo para o curso, somada às distâncias que separam trabalho, moradia e universidade, o que diminui ainda mais o tempo e as energias para os estudos, são elementos desmotivadores e que precisam ser levados a sério, quando o desejo é uma formação de boa qualidade para o exercício da função de professor (também) de ciências.

Perante este panorama, emergem questionamentos, tais como: Considerando, dentre outros fatores, os graduandos “reais”, é viável um curso de licenciatura que contemple também as exigências para a formação do biólogo bacharel? Embora parte dos ingressantes na Licenciatura em Ciências Biológicas não pretenda ser professor da educação básica, com evidenciado por algumas pesquisas como Brando (2005), é coerente que esta licenciatura volte-se para a formação de “biólogos bacharéis” e apenas por integralização/complementação a formação de “professores”? Ou são o *status* e a função social da Licenciatura em Ciências Biológicas que precisam ser (re)definidos e reconhecidos?

Um dos fatores de resistência para pensar a separação entre o bacharelado e a licenciatura, está associado à ideia da criação dos cursos de licenciatura muito mais como um ônus que os cientistas pagaram para consolidar seus projetos de formação de bacharéis. A separação entre a Licenciatura e o Bacharelado em Ciências Biológicas pode ser uma tentativa de valorização da licenciatura no âmbito da universidade, porém na prática ela pode ser mais desvalorizada com uma desqualificação da formação do licenciado em biologia (GUIMARÃES, 2005).

Aos docentes, pesquisadores e outros envolvidos, na formação inicial, cabe reconhecer, pensar, questionar e agir para a viabilização de um currículo da Licenciatura em Ciências Biológicas no sentido da profissionalização do professor de ciências e biologia. Neste sentido alguns desafios merecem ser destacados, tais como: a construção de um currículo que possibilite momentos de entrelaçamentos entre as disciplinas de conteúdos de cunho biológico, e destas com as disciplinas pedagógicas e a articulação entre formação acadêmica e a realidade das escolas e dos professores.

Nesta perspectiva, a formação docente nos cursos de licenciatura deveria ser vista como uma ligação necessária entre o mundo acadêmico e profissional, sendo um período em que a formação docente necessitaria de teorias pedagógicas capazes de subsidiar a prática pedagógica dos futuros professores. Embora, os saberes adquiridos no curso de graduação não são as únicas contribuições que pesam na formação e desenvolvimento da identidade profissional do professor (BASTOS, 2010), eles desempenham um papel decisivo na atuação docente.

Deve-se considerar a existência de conhecimentos específicos para a constituição do professor de biologia, assim como há um conhecimento que constitui um biólogo. Na formação do primeiro trata-se de uma tarefa complexa, pois compreende conhecimentos de biologia e de educação, não numa racionalidade técnica aditiva, mas de entrelaçamento de múltiplas dimensões. É um conhecimento que deve possibilitar a compreensão, por parte das pessoas, do significado da biologia na sociedade contemporânea. Isso é algo que vai além da identificação e classificação de seres vivos e, se diferencia, do saber técnico de trabalhar em laboratórios de análises ou fazer relatórios de impactos ambientais. Neste panorama a prática do professor de biologia é de cunho interdisciplinar.

O conceito de interdisciplinaridade adotado nesta tese segue o proposto por Augusto et alli (2004, p. 280), no qual trata-se de uma prática que “compreende troca e cooperação, uma verdadeira integração entre as disciplinas de modo que as fronteiras entre elas tornem-se invisíveis para que a complexidade do objeto de estudo se destaque. Nesta visão interdisciplinar, o tema a ser estudado está acima dos domínios disciplinares”. Entretanto, concorda-se com Carvalho e Gil-Pérez (2009) quando argumentam que os professores não só carecem de uma formação adequada, mas não são sequer conscientes de suas insuficiências. Como consequência os professores formadores e licenciandos concebem a formação do professor como uma transmissão de conhecimentos fragmentados e destrezas, e as disciplinas, muitas vezes são vistas como estanques, não complementares.

As mudanças e alterações curriculares propostas para a formação de professores dependem muito do comprometimento dos formadores, pois os projetos curriculares, os programas oficiais sugeridos por governos locais ou nacionais, só pode ser concretizados, caso sejam assumidos e desenvolvidos em sala de aula e em outras atividades inerentes a formação do professor. Assim, algumas inovações propostas implicam em mudanças que devem ocorrer nos professores, como atitudes diferentes quanto à relação com alunos e conhecimentos (valorização de novos tópicos e construção de novos conhecimentos). Caso essas mudanças não se efetivem é muito improvável que as inovações curriculares pretendidas sejam alcançadas (TRIVELATO, 1995).

Acredita-se que a (re)construção curricular dos cursos de formação inicial de professores e pesquisadores de biologia carece trilhar um caminho ao encontro de um currículo que não apenas consolide uma consistente base conceitual das disciplinas biológicas, mas também enfatize a formação didático-pedagógica inerente ao campo de conhecimento do profissional professor. Ambos os conhecimentos devem estar articulados. Essa articulação implica ruptura com a visão do “ser professor de biologia” como mera complementação curricular do “ser biólogo bacharel”. Neste sentido, no próximo tópico se discutem alguns dos fatores limitantes na formação inicial de professores de biologia, que permeiam o universo acadêmico e comprometem a preparação dos futuros professores no que tange a algumas das demandas atuais de sua profissão.

1.2 Uma reflexão sobre obstáculos que comprometem a necessária renovação na formação de professores de biologia

Os cursos de formação de professores, tanto aqueles destinados à sua preparação – formação inicial, como aqueles voltados para a sua atualização – formação continuada, vêm sendo considerados insatisfatórios. A não integração da universidade com as escolas de ensino fundamental e médio, bem como a falta de interação entre os estudos teóricos e a prática docente têm sido apontadas por pesquisadores em educação em ciência, no mundo todo, como algumas das causas dessa ineficiência (CUNHA; KRASILCHIK, 2000; TERRAZZAN, 2007).

Malacarne (2007) em sua pesquisa sobre a formação e atuação de professores de ciências da educação básica da região oeste do Paraná aponta para a necessidade de

realização de projetos, além das disciplinas para a melhoria desta formação e superação das deficiências/dificuldades formativas. Dentre estas deficiências está a falta de visualização da mudança na ciência e nos conteúdos curriculares ao longo dos anos. Com exceção dos momentos de trocas de paradigmas⁶, teorias não perdem a validade, mas sofrem remodelagens em sua abrangência se restringindo ou ampliando. É essa relação entre o conteúdo tradicional e o novo que se espera que os professores sejam capazes de fazer. O autor também aponta para a necessidade de formação dos licenciandos para realizar atividades que envolvam a interdisciplinaridade, tornando-os capazes de inserir a ciência no mundo dos conhecimentos. É preciso fugir do ensino de ciências como uma coleção de fatos, é preciso aprender a pensar cientificamente, e isto é diferente de decorar fatos. Assim, evidencia-se a necessidade do desenvolvimento de atividades de formação que melhor possam qualificar os graduandos para a atividade docente, de modo que possam conceber o conhecimento científico no conjunto de um conhecimento mais amplo e de suas inter-relações.

Conforme Carvalho e Gil-Pérez (2009), no universo acadêmico de formação de professores ocorre a presença de *crenças ingênuas* oriundas da formação ambiental de docentes e alunos. Elas têm base no senso comum não refletido, distante das construções da ciência. Essas ideias tácitas levam a um pensar sobre o processo de formação de professores que não respondem às expectativas de professores formadores e licenciandos e estão distantes dos pressupostos contidos nas teorias pedagógicas e científicas mais recentes. Assim, a presença de crenças ingênuas é fator decisivo para a inércia no que tange a mudanças no âmbito da formação de professores, ao se constituírem em obstáculos epistemológicos.

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.

⁶ Sob a ótica de Kuhn (2000), o paradigma é uma realização científica que se torna modelo para as demais pesquisas daquela área.

No presente capítulo não se tem a intenção de apontar todas as crenças ingênuas, que se constituem como obstáculos epistemológicos, presentes na formação de professores de biologia, mas refletir sobre algumas delas, tais como as relacionadas à natureza da ciência e no que se refere à relação entre aluno-conhecimento- professor.

A visão de ciência como neutra e verdade absoluta se manifesta, principalmente, em limitações para reelaborar os conceitos biológicos, adequando-os às atividades de ensino. Isso porque os conhecimentos biológicos não são acessíveis e nem apropriáveis de forma simples e direta pelos alunos, sendo imprescindível que o professor reelabore tais conhecimentos, transformando-os pedagogicamente em conteúdos de ensino. Para os professores exercerem esse papel mediador, dentre os saberes e conhecimentos a serem por eles desenvolvidos na sua formação inicial, estão os relativos ao o quê, como e por que ensinar os conteúdos que estarão sob suas responsabilidades. Assim, tais conhecimentos precisam ser disponibilizados pelos professores formadores, para serem apropriados e reelaborados pelo futuro professor, tornando-se constitutivos do seu pensar e agir docentes.

Para El-Hani (2006, p. 11):

[...] a posse adequada sobre a natureza da ciência pelo professor é uma condição necessária, mas não suficiente, para a melhoria das concepções epistemológicas dos estudantes. Isso não diminui, contudo, a importância de intervir-se sobre aquelas concepções. Obviamente um docente não poderá ensinar aos estudantes concepções adequadas sobre a natureza da ciência se ele próprio possuir uma concepção inadequada.

Um exemplo de concepção ingênuas de natureza da ciência é a relacionada à visão de superioridade do conhecimento biológico em relação às outras culturas, a qual permeia discursos no âmbito da biologia. A perspectiva salvacionista fica evidenciada, por exemplo, quando se atribui a esta ciência a solução para todos os problemas ambientais gerados pelos seres humanos. Para Scheid, Delizoicov e Ferrari (2007) os cursos de formação inicial de professores das áreas científicas raramente apresentam uma base epistemológica que propicie uma reflexão sobre a natureza da ciência. Em vista disto, esses autores argumentam que uma boa formação do professor de ciências é, cada vez mais, imprescindível. Esta formação deverá oferecer condições para que ele não se atenha ao que é apresentado nos livros didáticos, muitas vezes, de forma superficial. Sua formação deverá ser acrescida de discussões epistemológicas e históricas pertinentes. Desenvolver no professor o hábito de pesquisa e cultivo de uma visão de ciência como

um processo que se desenvolve inserido num contexto sócio-histórico-cultural, são um dos maiores desafios que se impõem neste momento. Isto implica uma abordagem interdisciplinar do conteúdo biológico.

Uma das críticas sobre a formação de professores em ciências biológicas de autores, como Carvalho e Gil-Pérez (2009), se refere à postura adotada por alguns formadores, particularmente os que ministram disciplinas específicas, quando estes concebem o ensino como uma atividade que se desenvolve naturalmente com a experiência e a vivência no campo da docência, bastando-lhes o profundo conhecimento dos conteúdos científicos, aceitos no momento atual, de suas disciplinas para preparar os licenciandos para atuarem nas escolas de ensino fundamental e médio. Assim, suas preocupações, seus modos de mediação, geralmente estão voltados somente para a transmissão de tais conteúdos, desconsiderando as questões epistemológicas e históricas que os acompanham. Neste panorama, na formação de professores são colocados os conhecimentos biológicos e os do campo didático-pedagógico como momentos distintos, não sendo explicitado que é preciso se preocupar com a formação de um biólogo licenciado que consiga relacionar os conteúdos da didática com os de zoologia, por exemplo, e que seus professores deverão estar preparados para auxiliá-los nessa aproximação/relação.

Nesta mesma direção, ao aproximar os diferentes conhecimentos do âmbito acadêmico e escolar, se referem a eles como iguais. Ignora-se que no ensino da disciplina escolar biologia necessita-se integrar o conhecimento acadêmico da biologia ao conhecimento pedagógico sobre o processo de ensino e aprendizagem. Considerando que os licenciandos não poderão ensinar na educação básica diretamente os conteúdos da forma que aprenderam na graduação, cabe aos professores formadores mediar formas para que eles aprendam sobre o que, como e por que ensinar tal conteúdo, propiciando a eles momentos de adequações de conhecimentos biológicos. Caso isso não aconteça os licenciandos acabam recorrendo diretamente aos livros didáticos, sem refletir sobre a sua adoção e tomando como guia de suas atividades (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2009). Quando isso não acaba acontecendo com os próprios professores formadores ao atuarem nos cursos de licenciatura. Terrazzan (2007, p.148) aponta que um enorme contingente de professores universitários, que ministra aulas em cursos de licenciatura, não prioriza a formação inicial: “Em ordem, a prioridade, invariavelmente, é dada as atividades de pesquisa, acopladas com frequência ao ensino na pós-graduação, algumas vezes seguidas pelas atividades de extensão e, por fim, chegando às atividades de ensino na graduação”.

No sentido de ruptura com os obstáculos presentes na formação de professores, Gauthier et alli (1998), salientam o esforço para se definir quais saberes, habilidades e atitudes são pertinentes dominar para o exercício da profissão, levando-se em conta, ao mesmo tempo, a nova epistemologia da ciência, no sentido de ultrapassar a imagem de uma “profissão sem saberes”, reduzida a uma mera ocupação, passível de exercício por qualquer pessoa, um pouco mais habilitada.

O papel do professor vem exigindo ao longo do tempo, cada vez mais interfaces com outras áreas do conhecimento. Requer a competência para o trabalho interdisciplinar, com uma postura ética perante o conhecimento e a sociedade ao estabelecer as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Isto implica vislumbrar o entendimento do processo histórico de produção do conhecimento, e reconhecer o papel de educador consciente de suas responsabilidades nos vários contextos de atuação do biólogo licenciado (AYRES, 2005). Diante desse quadro permeado por limitações para a efetivação da formação de professores, na sequência, são discutidas algumas necessidades formativas de um profissional que busque construir e ensinar conhecimentos, entre outros aspectos, de forma interdisciplinar.

1.3 Alguns caminhos a serem trilhados na Licenciatura em Ciências Biológicas

Sobre o que deverá saber e saber fazer o professor de ciências, Carvalho e Gil-Perez (2009), apresentam como elementos fundamentais: conhecer a matéria a ser ensinada (conhecimentos dos conteúdos, de seus processos de construção e de suas relações com a Tecnologia e Sociedade); conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo (visões relativas ao senso comum que envolvem concepções simplistas sobre a ciência e sobre o seu ensino); adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem e especificamente sobre a aprendizagem de ciências; saber analisar criticamente o ensino habitual; saber preparar atividades; saber dirigir a atividade dos alunos; saber avaliar; aprender a pesquisar e utilizar resultados de pesquisas. Todas estas habilidades e competências devem ser preocupação dos cursos de formação inicial para uma prática interdisciplinar.

A realização de um trabalho interdisciplinar no ensino implica conceber o professor como “alguém que deve conhecer sua matéria, sua disciplina e seu programa, além de possuir certos conhecimentos relativos às ciências da educação e à pedagogia e

desenvolver um saber prático baseado em sua experiência cotidiana com os alunos” (TARDIF, 2002, p. 39). Assim na perspectiva deste autor o saber docente é um saber plural, oriundo da formação profissional (o conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores); de saberes disciplinares (saberes que correspondem ao diverso campo do conhecimento e emergem da tradição cultural); curriculares (programas escolares) e experienciais (do trabalho cotidiano). O que exige do professor capacidade de dominar, integrar e mobilizar tais saberes enquanto condição para sua prática.

Deve-se lembrar, conforme Santomé (1998) citado por Augusto et alli (2004) que, para que se efetive a interdisciplinaridade, é preciso ter disciplinas, haja vista que os processos e atividades interdisciplinares surgem e desenvolvem-se apoiando-se nas disciplinas. A efetivação da interdisciplinaridade depende do grau de desenvolvimento atingido pelas disciplinas e estas, por sua vez, podem ser transformadas a partir de seus contatos e colaborações interdisciplinares.

1.3.1 A (re)construção do conhecimento disciplinar

O saber disciplinar, para Gauthier et alli (1998), é aquele produzido por pesquisadores e cientistas nas áreas científicas, refere-se ao conhecimento produzido a respeito do mundo, os quais são integrados nas universidades sob a forma de disciplinas.

Na formação de professores, para Perrenoud (2000, p.27):

A competência requerida hoje em dia é o domínio dos conteúdos com suficiente fluência e distância para construí-los em situações abertas e tarefas complexas, aproveitando ocasiões, partindo dos interesses dos alunos, explorando os acontecimentos, em suma, favorecendo a apropriação ativa e a transferência de saberes, sem passar necessariamente por uma exposição metódica, na ordem prescrita por um sumário. Essa facilidade na administração das situações e dos conteúdos exige um domínio pessoal [...] os conceitos, as questões e os paradigmas que estruturam os saberes no seio de uma disciplina. Sem esse domínio, a unidade de saberes está perdida, os detalhes são superestimados e a capacidade de reconstruir um planejamento didático a partir dos alunos e dos conhecimentos encontra-se enfraquecida.

Como consequência da falta de conhecimento disciplinar o professor fica inerte, sem condições de aderir a novas formas de ensinar, resistindo a mudanças em prol da melhoria do ensino, que impliquem no estabelecimento de diálogos com seus alunos. Para

Cunha (2001, p.9-10), “o professor resiste a mudar sua prática principalmente em conteúdos que não domina”. Portanto, a mudança da prática do professor implica diretamente a melhoria do seu conhecimento científico específico. Nesta direção, os cursos licenciatura não podem prescindir de um currículo que consolide uma forte base conceitual da disciplina.

Nessa perspectiva para abordar, no âmbito do ensino, as novas tecnologias relacionadas ao conhecimento biológico, o professor necessita de um embasamento teórico básico que possibilite compreender as informações relacionadas a elas. Conforme Trivelato (1995, p. 44):

Qualquer que seja a orientação adotada, o domínio e a segurança em relação aos conteúdos permite ao professor a percepção do que é fundamental e do que é supérfluo, do que é generalizável e do que é particular [...] do que está interligado a outras áreas [...] quando o docente não conhece profundamente o tópico que desenvolve com os alunos [...] age de forma superficial, procurando formalizações, enfatizando a memorização, desviando-se de situações que representem aplicações desse conhecimento, evitando assim, modalidades didáticas que suscitem dúvidas e questionamentos pelos alunos.

Assim, Carvalho e Gil-Pérez (2009, p.20) enfatizam a relevância de abordar o conteúdo científico como uma necessidade formativa com base em dois fatores: (1) tem se dado na formação inicial de professores um enfoque relativizado a importância deste conhecimento; (2) na formação permanente tem sido deixado de lado os conhecimentos científicos, alegando-se que o que foi obtido na formação inicial já é suficiente. Estes autores recorrem a Tobin e Espinet e alegam que “uma falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores afetados se envolvam em atividades inovadoras” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2009, p.21). Perante este quadro, assinalam o fato da “gravidade de uma carência de conhecimentos da matéria, o que transforma o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro de texto”.

O conhecimento disciplinar implica conhecimentos profissionais muito diversos, tais como os ressaltados por Carvalho e Gil-Pérez (2009, p.22-25):

- conhecer a história da ciência, e, (re)conhecer que é mediante problemas, dificuldades e obstáculos epistemológicos que ocorre a construção dos conhecimentos científicos;
- conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção do conhecimento;
- conhecer as interações ciência/tecnologia/sociedade;

- ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas, para poder abordar os problemas de fronteiras, as interações entre os diferentes campos e processos de unificação;
- saber selecionar conteúdos adequados;
- estar preparado para aprofundar os conhecimentos e adquirir novos.

Trata-se de associar como inerente ao trabalho do professor o questionamento daquilo que parece “estabelecido/fixo” no que se refere aos diferentes conhecimentos das disciplinas específicas da biologia e das de cunho didático-pedagógico, investigando outras possibilidades. Em suma, refletir e agir com base em questionamentos críticos que levem os professores a perceber a necessidade de uma continuidade tanto das atividades de pesquisa, quanto do trabalho coletivo e interdisciplinar.

1.3.2 O trabalho coletivo: interações, diálogos e (re)significações

A prática da interdisciplinaridade exige, frequentemente, o trabalho em grupo. Para Fourez, Maingain e Dufour (2008) a relevância do trabalho em uma equipe interdisciplinar, é reconhecida pelos professores quando estes possuem a experiência de ter integrado um grupo e vivenciado as possibilidades que podem emergir de “conexões inesperadas”. Nesta perspectiva, como aponta Perrenoud (2000), o grupo é uma situação de aprendizagem “interdisciplinar significativa”. Assim, é importante no momento da formação envolver os graduandos em atividades de grupos na realização de pesquisa, em projetos de conhecimento, que contribuam para desconstrução e superação do senso comum sobre o professor, o pesquisador, a atividade de pesquisa e a realidade social, cultural e ambiental (e sua transformação), resgatando o conhecimento teórico acumulado e criando condições para a geração de novos conhecimentos. Neste sentido é preciso pensar a formação de professores para um trabalho coletivo e em constante (re)construção:

[...] qualquer estudo sobre metodologia e epistemologia da ciência revela certas exigências tão amplas como as do trabalho docente; contudo, a nenhum cientista é exigido que possua o conjunto de conhecimentos e destrezas necessários para o desenvolvimento científico: é muito claro que se trata de uma tarefa coletiva. [...] Trata-se, enfim, de orientar tal tarefa [...] como um trabalho coletivo de inovação, pesquisa e formação permanente (CARVALHO; GIL-PEREZ, 2009, p.18).

Nessa mesma direção, Carvalho e Gil-Pérez (2009, p. 15) salientam que em relação à tomada de consciência das insuficiências docentes esta pode ser concretizada mediante o trabalho coletivo em um grupo.

Com efeito, o resultado é muito diferente quando esta questão é abordada por equipes de professores na perspectiva de um trabalho de (auto)formação. Nesse caso, a produção dos grupos recolhe, em geral, um grande número de conhecimentos que a pesquisa aponta como necessários, afastando-se assim de visões simplistas do ensino de ciências. [...] ao se proporcionar aos professores a oportunidade de um trabalho coletivo de reflexão, debate e aprofundamento, suas produções podem aproximar-se aos resultados da comunidade científica. Trata-se, então, de orientar o trabalho de formação dos professores como uma pesquisa dirigida, contribuindo assim, de forma funcional e efetiva, para a transformação de suas concepções iniciais (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2009, p. 15).

Salienta-se que um grupo pode se constituir em espaço de formação inicial não somente de professores, mas também de pesquisadores para a academia. Justina et alli (2010) relatam uma pesquisa com um grupo na formação inicial de pesquisadores na área de ensino de ciências, ressaltando que o desenvolvimento de atividades de reflexão coletiva no grupo de estudos e pesquisas permitiu a mudança de percepção dos licenciandos envolvidos acerca das características da pesquisa nessa área, distinguindo-a das atividades de ensino.

No coletivo de um grupo, conforme Carvalho e Gil-Pérez (2009, p. 18), “a complexidade da atividade docente deixa de ser vista como um obstáculo à eficácia e um fator de desânimo, para tornar-se um convite a romper com a inércia de um ensino monótono e sem perspectivas”. Também para Tardif (2002, p. 49-50), a formação e o trabalho docente são de natureza coletiva:

O docente raramente atua sozinho. Ele se encontra em interação com outras pessoas, a começar pelos alunos. A atividade docente [...] é realizada concretamente numa rede de interações com outras pessoas, num contexto onde o elemento humano é determinante e dominante [...] exigem, portanto [...] a capacidade de se comportarem como sujeitos, como atores e de serem pessoas em interação com pessoas.

A interação em Tardif (2002) se refere a toda forma de atividade na qual os seres humanos agem em função uns dos outros. Há interação quando os seres humanos orientam seus comportamentos em função do comportamento dos outros. Em sua estrutura interna, portanto, a ação interativa não é orientada para a manipulação dos

objetos ou para controle dos fenômenos do ambiente circundante, mas por um confronto com o outro. Na perspectiva de Bakhtin (2006) é impossível a construção de conhecimento de forma independente dos contextos interativos que tornam o ato de conhecer um processo indiviso por sua natureza coletiva. Assim o ato/instante de criação não é de modo algum uma ação isolada.

O pensamento adquire forma e existência nos signos criados por um grupo organizado em suas relações sociais. Os signos são o elemento essencial da “consciência individual”. A lógica do pensamento é a lógica da comunicação ideológica, da interação semiótica de um grupo social. Se privarmos o pensamento de seu conteúdo semiótico e ideológico, não sobra nada. A imagem, a palavra, o gesto significante, entre outros elementos, constituem seu único abrigo. Caso contrário, “há apenas o simples ato fisiológico, não esclarecido pela consciência, desprovido do sentido que os signos lhe conferem” (BAKHTIN, 2006, p.26).

Essa interação em um grupo ocorre pelo desenvolvimento de diálogos. Em Bakhtin (2006), a orientação da palavra nos diálogos em função dos interlocutores é muito relevante:

Na realidade, toda palavra comporta *duas faces*. Ela é determinada tanto pelo fato de que procede *de* alguém, como pelo fato de que se dirige *para* alguém. Ela constitui justamente *o produto da interação do locutor e do ouvinte*. Toda palavra serve de expressão a *um* em relação ao *outro*. Através da palavra, defino-me em relação ao outro, isto é, em última análise, em relação à coletividade. A palavra é uma espécie de ponte lançada entre mim e os outros. Se ela se apóia sobre mim numa extremidade, na outra, apóia-se sobre o meu interlocutor. A palavra é o território comum do locutor e do interlocutor [...]. Se, ao contrário, considerarmos, não o ato físico de materialização do som, mas a materialização da palavra como signo, então a questão da propriedade tornar-se-á bem mais complexa. Deixando de lado o fato de que a palavra, como signo, é extraído pelo locutor de um estoque social de signos disponíveis, a própria realização deste signo social na enunciação concreta é inteiramente determinada pelas relações sociais. A individualização estilística da enunciação [...] constitui justamente este reflexo da interrelação social, em cujo contexto se constrói uma determinada enunciação. *A situação social mais imediata e o meio social mais amplo determinam completamente e, por assim dizer, a partir do seu próprio interior, a estrutura da enunciação* (BAKHTIN, 2006, p. 115-116, grifo do autor).

Para Bakhtin (2006), quanto mais estabelecida, mais bem organizada e diferenciada for a coletividade no interior da qual o indivíduo convive, mais distinto e complexo será o seu pensamento, ou seja, as suas construções acerca de diferentes

conhecimentos. Ainda, segundo Tardif (2002), as interações no coletivo de um grupo se dão mediante a argumentação. Para este autor a argumentação é, portanto, o “lugar” do saber. O saber não se reduz a uma representação subjetiva nem a asserções teóricas de base empírica, ele implica sempre o outro, isto é, uma dimensão social fundamentada, na medida em que o saber é justamente uma construção coletiva, de natureza lingüística, resultante de discussões, ou seja, de trocas discursivas entre seres sociais.

Para o que Tardif chama de argumentação, Bakhtin (2006) situa a enunciação como parte do diálogo que permeia a interação verbal:

[...] a enunciação humana mais primitiva, ainda que realizada por um organismo individual, é, do ponto de vista do seu conteúdo, de sua significação, organizada fora do indivíduo pelas condições extra-orgânicas do meio social. A enunciação enquanto tal é um puro produto da interação social, quer se trate de um ato de fala determinado pela situação imediata ou pelo contexto mais amplo que constitui o conjunto das condições de vida de uma determinada comunidade lingüística [...] o fenômeno social da *interação verbal*, realizada através da *enunciação* ou das *enunciações*. A interação verbal constitui assim a realidade fundamental da língua. O diálogo, no sentido estrito do termo, não constitui, é claro, senão uma das formas é verdade que das mais importantes, da interação verbal. Mas pode-se compreender a palavra “diálogo” num sentido amplo, isto é, não apenas como a comunicação em voz alta, de pessoas colocadas face a face, mas toda comunicação verbal, de qualquer tipo que seja (BAKHTIN, 2006, p. 124-125).

Ao recorrer ao discurso alheio, neste caso, aos enunciados apresentados nas diversas atividades no coletivo de um grupo, considera-se a natureza dialógica da palavra e sua historicidade. Bakhtin ajuda a compreender que a palavra é discurso, mas também história, uma vez que ela emerge das práticas discursivas historicamente construídas. Assim, parte-se do princípio de que nas atividades do coletivo de um grupo se situa parte da memória do conhecimento em construção na formação inicial de professores de biologia em um curso específico, passível de ser investigado. Uma forma de trabalho coletivo é mediante a realização de atividades de iniciação à pesquisa inserida em um grupo de pesquisadores. O papel de grupo de pesquisas na formação de professores é discutido em maior profundidade no sexto capítulo da presente tese.

1.3.3 A iniciação à pesquisa

Em uma universidade, um programa de formação inicial de professores e pesquisadores com qualidade exige uma implicação direta dos formadores na pesquisa científica e pedagógica, assim como o conhecimento e a utilização da pesquisa disponível para fundar os conteúdos do programa e as atividades de formação. A articulação de pesquisa/formação intervém em vários planos. Se a profissão constitui o centro de gravidade da formação, então a pesquisa deve alimentar e orientar os programas a respeito da profissão docente. A pesquisa direcionada para esclarecer e, potencialmente, melhorar a formação inicial, fornece aos formadores e aos futuros docentes conhecimentos resultantes da análise do trabalho docente em classe e na escola (TARDIF, 2008).

Entretanto, no que se refere à pesquisa há um privilégio para as áreas específicas do conhecimento biológico em detrimento da área de ensino de ciências, já que deixam a critério das disciplinas da área tratar além do ensino também da pesquisa, ou seja, há o indicativo de que atividades de ensino e de pesquisa nessa área sejam consideradas iguais (JUSTINA et alli, 2010b).

Com base em investigações sobre o tema, Lüdke (2005) relata e analisa alguns dados obtidos em entrevistas realizadas com formadores de professores de cursos de licenciatura de duas universidades públicas do Rio de Janeiro, vinculadas às escolas básicas. Embora os professores formadores reconheçam a importância da pesquisa na formação dos futuros professores, o fato é que não há ainda um espaço claramente definido para a pesquisa na organização curricular dos cursos de formação inicial. Esse fato, por si só, é revelador de uma concepção culturalmente arraigada na história desses cursos que divide, hierarquicamente, a formação de bacharéis e licenciados vinculando a pesquisa - quando existente - à formação dos primeiros, e reservando aos últimos a preocupação com os aspectos “práticos” do exercício da profissão. Mas também revela a dificuldade e morosidade das instituições de ensino superior - sobretudo das universidades do sistema público de ensino - de operar rupturas e propor mudanças.

Lüdke (2005) aponta a ausência de qualquer indicativo de formação para a pesquisa nos cursos de graduação que formam professores, tanto no interior das disciplinas como em projetos de iniciação científica. Os estudantes que realizam pesquisa acompanham os projetos de seus orientadores, geralmente de forma parcial, não participando efetivamente no desenvolvimento de diferentes etapas do fazer científico. Enfim há uma preocupação maior, por parte dos professores formadores, pela prática pedagógica do que com a pesquisa na formação dos licenciandos.

Para favorecer a formação para a pesquisa, é necessário que ela seja assumida como princípio básico na proposta curricular do curso, não apenas para os alunos que irão cursar pós-graduação, mas para os de carreira de professor da educação básica também. É preciso participar de grupos de pesquisa para formar professores que continuem a realizar pesquisa durante a sua atuação, em um grupo colaborativo entre escola e universidade para o seu desenvolvimento profissional em formação permanente. Conforme Lüdke (2005) devem ser feitas inovações curriculares que funcionem como articuladores de novas formas de conceber e organizar as atividades de pesquisa durante a formação inicial dos professores da educação básica.

Embora a atividade de pesquisa acadêmica possua particularidades que a diferencie da abordagem de ensino investigativa em sala de aula, Carvalho e Gil-Pérez (2009, p.62-63) salientam que:

Difícilmente, um professor ou professora poderá orientar a aprendizagem de seus alunos como uma construção de conhecimentos científicos, isto é, como uma pesquisa, se ele próprio não possui a vivência de uma tarefa investigativa. Mais ainda: a compreensão de que a atividade do professor ou professora de ciências possui a complexidade e riqueza potencial [...] implica conceber seu trabalho como tarefa aberta e criativa, ou seja, como uma pesquisa a ser realizada por equipes docentes. A iniciação do professor à pesquisa transforma-se assim em uma necessidade formativa de primeira ordem.

Para a formação do professor e pesquisador de biologia devem ser criados mecanismos que possibilitem o desenvolvimento pelos licenciandos da capacidade de refletir sobre a sua prática de forma crítica, de identificar obstáculos epistemológicos, de problematizar e buscar soluções para as dificuldades encontradas no fazer docente e/ou como pesquisador da academia.

Conforme Tardif (2008, p. 45) a pesquisa tem um papel importante a desempenhar na edificação de uma base de conhecimentos e/ou de um referencial teórico para a profissão docente. Com o movimento de profissionalização do ensino, a prática profissional não é mais considerada simplesmente como um objeto ou um campo de pesquisa, mas também como um espaço de produção da competência profissional pelos próprios docentes. Desse ponto de vista, a produção de conhecimentos não é mais unicamente assunto dos pesquisadores, mas também dos docentes de ofício. De modo ideal, a colaboração entre pesquisadores e docentes deve conduzir à definição de uma

base de conhecimentos referente às condições que definem o ato de ensinar em meio escolar e, mais particularmente, em sala de aula.

Uma forma de inserção dos graduandos na iniciação à pesquisa é mediante a inclusão destes no desenvolvimento de atividades em um grupo de pesquisas. Na sequência, são apontados alguns exemplos de investigações realizadas com graduandos de licenciatura, inseridos em alguns grupos de pesquisas no Brasil.

1.4 Os grupos de estudos e pesquisas como espaço coletivo de (re)construção do conhecimento

A opção pelos grupos discutidos no presente tópico foi considerando o enfoque ser no processo de formação dos professores e pesquisadores, em estudos e pesquisas no coletivo de um grupo da epistemologia da ciência, em especial da biologia. Cachapuz et alli (2005) colocam que o conhecimento em epistemologia e história da ciência possibilita aos professores a capacidade de compreender a ciência que estão a ensinar, ajuda-os na preparação e na orientação a dar as suas aulas e dá um significado mais claro e mais credível a suas propostas.

Meglhioratti et alli (2008) salientam que o trabalho com um grupo de epistemologia da biologia, mediante discussões coletivas, pode auxiliar os alunos a desenvolver a metodologia de pesquisa e a pensar sobre o trabalho, permitindo maior segurança no desenvolvimento de seus projetos de pesquisa. Também ficou destacada uma visão mais sistêmica de conceitos que estruturam o conhecimento biológico, como por exemplo, o conceito de vida. Assim, consideram que as atividades do grupo produzem mudanças na perspectiva de formação de pesquisadores e possibilitaram aos graduandos situarem suas pesquisas em uma perspectiva integrada da biologia.

Para Andrade et alli (2008) mediante a vivência em grupos é oferecida aos participantes uma oportunidade de confronto de ideias sobre a natureza do conhecimento científico, desenvolvendo um olhar investigativo e crítico sobre o ensino de ciências e biologia.

No que tange as questões de ensino, para Hames e Maldaner (2004) a relação do sujeito com o outro, a mediação produzida nos grupos e a intenção pela busca de uma educação mais contextualizada permitem que uma nova maneira de conceber o processo

de ensino e aprendizagem seja coletivamente construída e, individualmente, significada e internalizada. Para Maldaner (2006, p.26):

A formação de grupos de ação e reflexão contempla uma tendência atual em que se procura deslocar o foco filosófico de sujeito cognoscente e ativo voltado para dentro de sua própria consciência, para um sujeito disposto a um agir comunicativo. O foco passa a ser a compreensão mútua entre sujeitos que procuram se entender sobre os fatos e as situações.

A vivência em um grupo de pesquisadores em epistemologia da biologia pode promover reflexões coletivas que levem os indivíduos participantes a significar os conhecimentos biológicos ao contextualizá-los nas instâncias de outros saberes, como é o caso dos didático-pedagógicos, envolvendo também relações com questões sociais. Assim desconstruindo “verdades”, acabando com certezas cristalizadas e se apossando de um discurso epistemológico mais próximo da biologia como ciência única (autônoma).

Em sua tese de doutorado Meglhioratti (2009) ressalta que os graduandos em Ciências Biológicas, participantes de sua investigação, mudaram de um pensamento mais reducionista para um mais integrado com influências tanto na formação do pesquisador quanto do professor. Os alunos conseguiram fazer mais associações entre as disciplinas e os conteúdos mediante as reflexões realizadas nos encontros do grupo. A autora concluiu que a inserção de discussões epistemológicas na formação inicial de graduandos de biologia pode contribuir para pensar o conhecimento biológico de forma integrada. Os alunos no desenvolvimento do grupo e nas entrevistas refletem sobre sua formação intelectual e sobre a própria estrutura do Curso de Ciências Biológicas em que estão inseridos.

Para Brando (2010) o Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia na formação de professores e pesquisadores, por meio do desenvolvimento de pesquisas e projetos de pesquisas pelos alunos, se revelou um fator determinante para desconstruir a idéia de pesquisador laboratorial, ao vivenciarem a pesquisa de cunho qualitativo, não só no que diz respeito às questões do processo ensino-aprendizagem, mas de formação de conceitos científicos e práticas epistemológicas. Também possibilitou aos licenciandos uma forma significativa de construção de conceitos numa rede conceitual integrada. A autora relata que o grupo possibilitou formar, em nível inicial, professores/pesquisadores que elaboram e testam atividades didáticas com um enfoque do conhecimento biológico mais integrador.

Caldeira (2009, p. 86) relatou que a participação em um grupo de pesquisas em epistemologia da biologia possibilitou aos alunos de graduação em Ciências Biológicas e pós-graduação em Educação para a Ciência:

[...] ampliar seus conhecimentos biológicos estabelecendo relações interdisciplinares, propondo novas formas de organizar e sistematizar conceitos. Apontaram decorrentes de sua formação inicial e possíveis soluções; ampliaram o debate para questões éticas e ressaltaram a importância do grupo por se sentirem protagonistas do próprio processo de conhecimento. Em síntese, buscaram, no interior dos estudos, e entre os colegas, elementos para ampliar a sua forma de entender o conhecimento biológico.

A participação em grupos de pesquisa em ensino de ciências contribui para a formação de professores e pesquisadores, que compreendam a natureza da ciência, do que é pesquisa científica e a pesquisa enquanto atividade de ensino (JUSTINA et alli, 2010b). A idéia do trabalho em grupos de pesquisadores em epistemologia da biologia é o de ir além das fronteiras de pensamento acerca do conhecimento biológico inerente ao interior das disciplinas e das pesquisas tradicionais. A inserção de licenciandos nestes grupos pode promover na formação inicial o desenvolvimento pelos mesmos: da vivência do processo de pesquisa em ensino de ciências; de habilidades de pensar sobre a natureza do conhecimento científico; de habilidade do trabalho coletivo com a troca e confronto de ideias; do entendimento da evolução do conhecimento científico por meio de retificações de conceitos, descontinuidade e rupturas com ideias anteriores; do estabelecimento de relações entre o conhecimento biológico e o processo de ensino-aprendizagem.

Salienta-se para o fato dos pesquisadores que relatam suas investigações com grupos em epistemologia da biologia não apontam diretamente para a inclusão de episódios históricos em grupos de pesquisadores em epistemologia da biologia. Parte-se do pressuposto que a inclusão de episódios históricos pode se constituir em um material didático com potencial de desencadear problematizações acerca da (re)construção de conceitos biológicos, tanto no âmbito da epistemologia como da didática.

1.5 Algumas considerações

Para Tardif (2002, p. 39) há a necessidade de profissionalização do ofício docente, que implica múltiplas articulações entre a prática docente e os saberes. Para este autor, os

professores são um grupo social e profissional, cuja existência depende, em grande parte, de sua capacidade de dominar, integrar e mobilizar tais saberes enquanto condição para sua prática.

Acredita-se que a formação do professor com esse perfil demanda a construção pelos licenciandos de saberes docentes com elementos relacionados ao pensar sobre como o conhecimento biológico foi e é construído e o estabelecimento de relações com os pressupostos pedagógicos do campo da didática. Para Vianna e Carvalho (2001) há a necessidade de formação para a autonomia dos licenciados, na qual eles sejam capazes de buscar reconstruir seus conhecimentos, mediante atividades tanto de natureza individual como coletiva, relacionando a pesquisa científica, pedagógica e a prática docente.

A insuficiência de formação de professores para a abordagem interdisciplinar é apontada por autores como Tardif (2002, p. 271) quando fala “da questão da formação inicial ser disciplinar voltada apenas para o conhecimento e não para a ação”. A formação para a ação implica, conforme Carvalho e Gil-Pérez (2009, p. 107), “tratamento de situações problemáticas como pesquisa, isto é, como ponto de partida para a construção do conhecimento” do profissional docente. Acredita-se que se trata de tornar constante a prática pelo professor do questionamento daquilo que parece definitivo, vislumbrando outras possibilidades, como um enfrentamento das demandas do profissional professor.

Diante do exposto acima e de recomendações, como de Wortmann (1996), quanto à relevância da realização de investigações que tratem do estabelecimento de relações entre a didática, a epistemologia e a história da ciência para promover a ampliação da compreensão conceitual das diferentes áreas do conhecimento inerente ao biólogo licenciado, no próximo capítulo o enfoque está voltado à possibilidade de articulação entre a epistemologia, a história e o ensino de biologia na formação inicial de professores.

CAPÍTULO 2 – É POSSÍVEL ARTICULAR A EPISTEMOLOGIA, A HISTÓRIA E O ENSINO DE BIOLOGIA?

Os professores de biologia não só devem ensinar de maneira consistente com os atuais pontos de vista sobre a ciência e a atividade científica, como também ter clareza dos objetivos de ensinar aos estudantes sobre determinados aspectos da natureza da ciência. Isto pressupõe uma enorme e incerta tarefa. Devido a isso, investigadores em ensino de ciências têm dedicado uma atenção renovada ao ensino da natureza do conhecimento científico, nos últimos anos, com a convicção de que é preciso ultrapassar, ir além do levantamento de concepções, em direção à proposição e a realização de intervenções envolvendo uma perspectiva contemporânea do conhecimento científico nos diferentes níveis de ensino.

Investigações acerca do ensino de biologia tem apontado a relevância da inclusão de aspectos epistemológicos na construção de conceitos biológicos em diferentes níveis de ensino (ANDRADE, 2011; BRANDO, 2010; MEGLHIORATTI, 2009; SCHEID, FERRARI E DELIZOICOV, 2007; BELLINI, 2007; EL-HANI, TAVARES E ROCHA, 2004; entre outros). No entanto, ainda poucos trabalhos de pesquisa contemplam concomitantemente aspectos relacionados à epistemologia, à história e ao ensino de biologia, como por exemplo: Justina e Ferrari (2010; 2000) e Scheid (2006). Portanto, justifica-se a realização de pesquisas que investiguem as contribuições das discussões epistemológicas e históricas da biologia no ensino de conceitos biológicos.

Neste capítulo, em um primeiro momento são explicitadas algumas reflexões presentes na pesquisa em ensino de ciências, acerca da abordagem epistemológica e histórica no ensino de ciências e biologia. No segundo momento são apontadas possíveis contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard (1884-1962) para o estabelecimento de relações entre o conhecimento científico, a epistemologia e o ensino de biologia. Na sequência é focado o objeto de estudo da epistemologia da biologia, considerada como ciência autônoma, com características próprias que a distingue de outras ciências, as quais possibilitam a biologia constituir-se como ciência única. Por fim, é abordado o conhecimento biológico no contexto do ensino, com ênfase na inserção de episódios históricos.

2.1 (Re)aproximações entre a epistemologia, a história e o ensino

Matthews (1995) argumenta que a inclusão de componentes da história e da epistemologia, no currículo pode contribuir para:

Humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir 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; melhorar a formação do professor, auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATHEWS, 1995, p. 165).

Nesta perspectiva, um dos objetivos básicos da formação inicial de professores de biologia é garantir que os licenciandos adquiram uma compreensão adequada da natureza da ciência. Isto envolve compreender seu funcionamento interno e externo, como se constrói e se desenvolve o conhecimento que ela produz, os métodos utilizados para validar este conhecimento, os valores implícitos ou explícitos nas atividades dos cientistas, as relações com a tecnologia e suas aplicações na sociedade. Esta visão de ciência pressupõe a presença de discussões de cunho histórico-epistemológico no âmbito da formação de professores que permitam ao estudante compreender a complexidade da construção de fatos científicos e problematizar ideias relacionadas à biologia.

Entretanto, conforme apontado por Acevedo Díaz (2008), após aproximadamente cinco décadas de investigação acerca da natureza da ciência, pode-se afirmar que: (1) Os estudantes dos diferentes níveis de ensino não têm, em geral, concepções adequadas sobre a natureza da ciência; (2) Os professores também, em geral, não têm visões adequadas acerca da natureza da ciência; (3) A natureza da ciência pode aprender-se melhor mediante um ensino explícito e reflexivo em diversos contextos de aprendizagem do que de um modo implícito mediante atividades baseadas em procedimentos da ciência ou em fazer ciência na escola; (4) As concepções dos professores acerca da natureza da ciência não são transpostas necessariamente de maneira automática à prática docente, mas este processo é muito mais complexo; e, (5) Ainda, os professores parecem não valorizar a natureza da ciência como objetivo educativo da mesma forma que fazem com outros conteúdos mais tradicionais.

A importância da natureza da ciência para o currículo de ciências e biologia, pode estar associada às justificativas apontadas por Driver et alli (citado por ACEVEDO DIAZ, 2008): (1) Utilitarista – a compreensão da natureza da ciência é um requisito para ter uma certa idéia da ciência e poder utilizar objetos e dominar processos tecnológicos da vida cotidiana; (2) Democrática – a compreensão da natureza da ciência faz falta para analisar e tomar decisões bem fundamentadas acerca de questões tecnocientíficas de interesse social; (3) Cultural - a compreensão da natureza da ciência é necessária como um elemento importante da cultura contemporânea; (4) Axiológica – a compreensão da ciência ajuda a entender as normas e valores da comunidade científica que contém compromissos éticos com um valor geral para a sociedade; e, (5) Docente - a compreensão da natureza da ciência facilita a aprendizagem dos conteúdos das disciplinas científicas e, por conseguinte da mudança conceitual e/ou construção de novos conceitos. Nesta mesma direção, Fourez (1999) aponta finalidades da compreensão de noções científicas pelas pessoas: econômica, política e ideológica.

Esses três conceitos podem ser explicados pelo exemplo da microssociedade constituída por alguns amigos que partem juntos em viagem. O econômico será representado por tudo que é necessário para realizar a viagem: carro, provisões, alojamento, etc. O político surgirá quando se tiver que tomar decisões: parar para comer, abastecer de combustível, escolher o trajeto e assim por diante. O ideológico situar-se-á em todos os discursos que se pronunciar para legitimar o modo como ocorrem as coisas, dizendo por exemplo que determinado sujeito merece mais atenção por que conhece mecânica, que outro pode decidir sobre o caminho por que o carro lhe pertence, etc. (FOUREZ, 1999, p. 244).

Quanto à relação entre o ensino de biologia, história da ciência e a epistemologia na formação de professores, pode-se destacar conforme Gagliardi (1988), que ao fazer uma análise crítica do ensino das ciências pode ser interessante uma proposta da utilização da ciência e da epistemologia como um complemento das áreas da pedagogia de ciências, pois ambas podem ser utilizadas para a melhoria do ensino das ciências. A introdução da história da ciência e da epistemologia pode permitir um debate sobre a própria estrutura da ciência atual, suas relações com o poder, seus modos de operar e as teorias dominantes. Isso pode permitir a desmistificação da ciência e o aumento das possibilidades do aluno em participar mais efetivamente na construção e no controle dos conhecimentos científicos a ele apresentados.

No entanto, para Scheid, Ferrari e Delizoicov (2007), a abordagem histórica da biologia na formação de professores é um desafio. A formação inicial do professor de ciências deve contemplar uma formação em epistemologia e história da ciência, pois pode fornecer os subsídios para torná-lo um profissional sintonizado com os desafios contemporâneos. Carvalho e Gil-Pérez (2009, p.28), assinalam que o pensamento docente, muitas vezes está associado ao senso comum, tornando-se necessário questionar, desde a formação inicial sobre “o que é a ciência e o trabalho científico” e o porquê da “redução habitual do aprendizado das ciências a certos conhecimentos e (se muito) a algumas destrezas, esquecendo aspectos históricos, sociais, etc”. O pensamento, a reflexão e ações acerca da construção do conhecimento científico passam a ser uma necessidade formativa dos professores de biologia. Neste sentido, a história e a epistemologia da ciência surgem, para que o professor compreenda como ocorreram os processos de construção dos conhecimentos científicos, as mudanças de paradigmas e os determinantes sociais, econômicos, culturais e políticos que influenciaram esta história.

Benefícios alcançados com a utilização da história da ciência no ensino de ciências são apontados por autores, dentre eles estão: Gagliardi (1988); Bizzo (1992); Matthews (1994); Carvalho e Gil-Perez (2009); Krasilchick e Trivelato (1995); Wortmann (1996); Peduzzi (2000); Slongo (2005); Araújo; Caluzi e Caldeira (2006); El-Hani (2007); Batista (2007); Medeiros (2007). Em síntese, estes autores salientam que usar a abordagem histórica: possibilita uma maior compreensão do processo do conhecimento científico, ao explicar elementos/fatos envolvidos na construção da ciência e da tecnologia; serve como base para a identificação de temas fundamentais a serem contemplados em programas de ensino; e auxilia na identificação de obstáculos epistemológicos.

Os trabalhos realizados pelos autores que defendem o uso da história da ciência no ensino de ciências fornecem indicativos de que existem certos benefícios a serem obtidos mediante a implantação de conteúdos de história da ciência no ensino de biologia, pois os mesmos facilitam a sua compreensão, ao possibilitar entender a ciência de uma perspectiva diferenciada, ressignificando-a. Alguns resultados observados em experiências anteriores evidenciaram a motivação dos alunos, associada a uma maior significação dada aos assuntos trabalhados, tornando-os mais compreensíveis. Para Krasilchick e Trivelato (1995), o mais natural seria que os conceitos biológicos fossem adquiridos com o uso da análise de uma construção histórica da biologia, não esquecendo também da construção atual e das discussões dos problemas atuais e de suas implicações.

A história da ciência pode ser o lugar no qual o professor busca a inspiração para definir conteúdos essenciais, seqüências de conteúdos, atividades de ensino (incluindo as aulas práticas), exemplos, perguntas e problemas a serem estudados pelos alunos.

De acordo com Batista (2007), há duas vertentes na pesquisa sobre história e epistemologia da ciência. A primeira vertente considera estudos restritos a reconstruções históricas e epistemológicas, são contribuições que devem ser aceitas na área de “ensino de ciências e matemática”. A segunda vertente aponta a necessidade de ir além das reconstruções, para ações que contemplem adequações e mesmo transformações para chegarem a constituir abordagem pedagógica. Batista (2007, p. 260), ao se reportar às investigações acerca da história e epistemologia da ciência, desde os anos finais de 1970, aponta como consenso:

- Torna as aulas mais desafiadoras e reflexivas;
- Humaniza as ciências;
- Explicita as relações entre dogma, sistema de crenças e racionalidade científica;
- Ajuda a superar o mar de falta de significação de fórmulas e equações;
- Melhora a formação de professores;
- Torna o conhecimento científico mais interessante, acessível e compreensível;
- Permite uma visão ampliada dos conceitos, dos problemas e de suas resoluções, inclusive relacionando-os interdisciplinarmente;
- Seu estudo pode conduzir a ideias inovadoras e a uma visão de mundo e da cultura científica, validando a relação cultura-intelectualidade.

Ainda sobre um ponto de vista epistêmico e ontológico, segundo Batista (2007, p.260), a história e epistemologia da ciência pode contribuir para:

- Conhecer a evolução das ideias, dos problemas e de suas soluções na ciência é conhecer um processo de construção interdisciplinar de explicações;
- Entender o objetivo da ciência é essencialmente entender a capacidade de resolver problemas e de identificá-los, de criar inovações e ainda de entender quais são os domínios e os objetos de estudo de cada ciência;
- Aprender que uma concepção teórica está inserida em um contexto epistêmico e histórico e sujeita a tradições de pesquisa;
- Conhecer uma ciência é conhecer os caminhos metodológicos adotados na pesquisa daquela área.

Também para indicar possibilidades para a melhoria do ensino, haja vista a relevância da abordagem histórica no ensino de ciências de forma contextualizada, é defendida por outros autores como é o caso de Matthews (1995). Assim, a abordagem da

história da biologia no ensino, tanto no nível básico como no superior, pode contribuir para:

[...] a formação de uma visão mais adequada acerca da construção do pensamento científico, das contribuições dos cientistas e da própria prática científica; permite que se conheça o próprio processo de formação de conceitos, teorias, modelos, etc. Além disso, pode auxiliar o ensino da própria ciência, tornando-a não apenas mais atraente, mas principalmente mais acessível para o aluno, possibilitando uma melhor compreensão de conceitos, modelos e teorias atuais (MARTINS; BRITO, 2006, p.245).

Em relação à história e epistemologia da ciência, é relevante uma compreensão, mesmo que modesta, por parte de pesquisadores e professores (MATTHEWS, 1995). No que tange a abordagem epistemológica, esta tem sido apontada como elemento chave na formação de professores de biologia (CALDEIRA, 2009; ANDRADE et alli, 2009; MEGLHIORATTI, 2009; BELLINI, 2007; SCHEID, 2006; WORTMANN, 1996; MANUEL, 1986). Ferrari e Scheid (2006) assinalam que a história da ciência tem um papel fundamental, pois seu conhecimento pelo professor predispõe a um ensino menos dogmático e mais crítico. Como alerta Delizoicov (2006), essa abordagem deve contemplar as incertezas, as controvérsias e as disputas entre os pesquisadores para que um conhecimento seja aceito e estabelecido na comunidade científica, o que tem ficado ausente em sala de aula de diferentes níveis de ensino. Ao encontro dessa perspectiva, El-Hani (2006) defende a interdependência das abordagens epistemológica e histórica, portanto devem ser abordadas concomitantemente no ensino.

No entanto, em relação à história da ciência e ao ensino de ciências, não há consenso no que diz respeito à utilização da história da ciência no ensino, pois existem limitações, tais como as citadas por Teodoro e Nardi (2003): falta de material didático de qualidade e que subsidie a ação docente; existência de deficiências na formação dos professores; e currículos inchados que dificultam a inclusão de discussões de questões históricas.

Para Bastos (2005), os textos de história da ciência disponíveis para consulta não se adaptam às necessidades específicas do ensino de ciências na escola fundamental e média, talvez porque não reúnam de um modo sintético e em linguagem acessível, os diferentes aspectos que o professor pretende discutir em sala de aula, deixando de mostrar as relações intrínsecas entre ciência e sociedade. Diante dessa realidade, mesmo com o interesse crescente no uso da história e epistemologia da ciência como forma facilitadora

da compreensão da biologia, esta pode tornar-se inviável e prejudicial à aprendizagem, pois de acordo com Bastos (2005), os conceitos específicos do passado são de difícil compreensão. O uso de relatos históricos pode gerar confusões por já terem sido descartados por outros avanços e podem gerar também a desmotivação, por tratar de conhecimentos que já estão ultrapassados na visão dos alunos.

Medeiros (2007) acrescenta, que na atualidade não faltam recomendações quanto à relevância do uso da história e epistemologia no ensino, entretanto faltam reflexões acerca das razões de ser de tais recomendações e as suas formas de uso. Este autor alerta que no atual contexto dogmático de ensino, a abordagem problematizadora da história da ciência é quase inexistente. Quando a história da ciência está presente, como no caso de livros didáticos o enfoque é geralmente distorcido. Neste sentido, experiências e pesquisas em ensino de ciências que contemplem estudos sobre a legitimidade da veiculação da história da ciência em sala de aula apresenta questões em aberto, constituindo desafios aos pesquisadores em história e epistemologia da ciência.

Nesta direção, mesmo que a história da ciência seja inserida no contexto de ensino, se ela for apresentada apenas como uma seqüência linear de fatos marcantes para a construção do conhecimento científico em questão, ou se os episódios históricos forem apresentados de forma anedótica, também não se atingirá o objetivo proposto (SCHEID, 2006). Uma perspectiva para as atuais abordagens historiográficas presentes nos livros didáticos é apontada por Zamberlan e Silva (2010) e Rosa e Silva (2010) ao argumentarem que estas tem potencialidades de serem problematizadas no âmbito do ensino.

Entretanto, Martins e Brito (2006) assinalam o fato da maioria das vezes o professor de ciências recorrer aos fragmentos históricos que acompanham o conteúdo científico nos livros didáticos. Esse profissional não percebe as limitações, pois não está “treinado” em história e filosofia da ciência. Esta falta de habilidade (treino) também estaria associada aos autores dos livros didáticos.

Acredita-se que as limitações tanto dos autores de livros didáticos como dos professores, estejam além da questão de “treino”, é algo bem mais complexo, que reflete suas visões de natureza de ciência, que enaltece os heróis e produtos da ciência, desconsiderando o processo e que esta é uma atividade construída no coletivo de cientistas envolvidos. Também a não consideração da história como instrumento útil e necessário no processo de ensino e aprendizagem. Trata-se da perpetuação da abordagem da pseudo-história da ciência que acompanha o ensino e alguns materiais didáticos a

décadas. A proposição de novos materiais e correções nos livros e outros recursos didáticos, devem ser feitas conjuntamente por especialistas tanto da história e epistemologia da ciência, como da área de ensino de ciências, e de profissionais especializados nas diferentes áreas como no caso da biologia, por geneticistas, zoólogos, entre outros.

Entretanto, a dualidade expressa no discurso da área de ensino de ciências, do uso ou não da história da ciência no ensino, não deve impedir que esta temática esteja contemplada nos cursos de formação de professores. Como saber se não traz benefícios, senão houver indicativos disso no âmbito da realidade de nossos cursos de formação de professores e na educação básica? Em quais espaços e momentos poderemos abordar a história da ciência, auxiliando na construção do conhecimento biológico e suas relações com a tecnologia e a sociedade?

Embora a importância do enfoque da história e epistemologia da ciência nos Cursos de Ciências Biológicas – Licenciatura seja indicado por pesquisadores da área de ensino de ciências, é necessário repensar a sua abordagem, tanto em disciplina específica, como articulada em outras disciplinas das diferentes áreas das Ciências Biológicas. A criação de disciplinas específicas junto aos cursos de formação de professores e/ou mediante outras atividades isoladas, não garantem que se ultrapassem os limites de uma das problemáticas do ensino de biologia que é a inserção da história e epistemologia da ciência nos diferentes níveis de ensino, haja vista a sua ausência no contexto da sala de aula e dos poucos materiais didáticos que contemplem esta questão. Assim, pesquisas que busquem viabilizar formas de contemplar tais discussões no ensino e que vão além do levantamento de concepções iniciais são imprescindíveis para os avanços da pesquisa nesta temática.

Com base no exposto acima se ressalta a relevância de investigações que se caracterizam como intervenções no ensino em que sejam utilizadas estratégias que busquem fomentar discussões que envolvam a natureza da ciência de forma explícita. Assim, no âmbito da formação inicial de professores de biologia, os licenciandos podem ter acesso a uma visão mais contemporânea de ciência e também de formas de ensinar, cientes da necessidade da democratização do conhecimento biológico. Somente com essa visão de ciência e de ensino, os futuros professores podem considerar a relevância de contemplar aspectos da natureza da ciência e de incluir episódios históricos no contexto de sala de aula da educação básica.

Também, salienta-se que aproximações da abordagem histórica e epistemológica com a pesquisa em e no ensino de biologia, pode ajudar em ações e postura crítica de pesquisadores, professores e alunos, em relação ao enfoque e compreensão da natureza dinâmica do conhecimento biológico. Entretanto, conforme Guimarães (2005, p. 174), “os processos articulatórios são, quase, ilimitados, mas sempre incompletos”. Assim, na sequência são apresentados alguns dos conceitos explicitados por Gaston Bachelard, como uma possibilidade de releitura da construção do conhecimento científico, mediante um olhar epistemológico da história e do ensino da biologia.

2.2 Algumas ideias de Gaston Bachelard

A história da ciência, para Bachelard, deve necessariamente referir-se ao conhecimento da atualidade do conhecimento científico, sob o olhar epistemológico. Esta concepção se apóia na tese de que o conhecimento científico se caracteriza por sua progressividade⁷ (ABRANTES, 2002). A epistemologia da ciência ilumina a história da ciência. Sem ela, esta história pode ser tratada de forma “acrítica, enciclopédica, dogmática, linear, sem insucessos, sem retornos, ‘racionalmente racional’”. Na perspectiva da epistemologia bachelardiana, no ensino de ciências, a articulação da história da ciência à epistemologia é de primordial relevância para a desmistificação de imagens equivocadas sobre o empreendimento científico e contextualização dos conteúdos (MELO; PEDUZZI, 2007).

Gaston Bachelard tem uma vasta produção literária impregnada de intenção pedagógica e demonstrou não apenas um olhar voltado para as condições de produção do conhecimento científico, mas também com os problemas de ensino e aprendizagem deste conhecimento (JUSTINA; FERRARI, 2000). Bachelard (1996) afirmou que a crítica sobre os conceitos só é possível quando relacionada com o contexto de sua construção histórica. Para Bachelard (2004), os conceitos devem ser vistos sempre como parte de um conhecimento aproximado, como algo transitório, em constante (re)criação. Assim, em uma perspectiva histórica, o conceito é integrador de outros conceitos, e o conhecimento biológico passa a ter um enfoque problematizador, e concomitantemente uma abordagem interdisciplinar.

⁷ Progresso em Bachelard se refere à construção do pensamento científico que vai do concreto em direção ao abstrato.

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; mas há pensamentos que não recomeçam: são os pensamentos que foram retificados, alargados, completados. [...] 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.

Entre as contribuições da epistemologia de Bachelard (1996) para a educação em ciências estão a noção de descontinuidade no pensamento científico e a existência de obstáculos epistemológicos, conforme já referido no capítulo anterior.

Na perspectiva de obstáculos e rupturas a história da ciência está em constante retificação, portanto esta história deve ser (re)construída:

O fato da história bachelardiana das ciências estar fundada na modernidade destas ciências, e tal modernidade ser necessariamente dinâmica e transitória, implica que a história das ciências nunca é definitiva, devendo ser continuamente reescrita, retificada. Existiria, segundo Bachelard, um negativo e um positivo na história do pensamento científico. O negativo são os "obstáculos epistemológicos" e devem ser objeto de uma "psicanálise do conhecimento". O positivo são os "atos epistemológicos", impulsos [...] científicos que, ao transpor os obstáculos, promove rupturas na história das ciências. Caberia à história das ciências - fundada na epistemologia e portanto instrumentalizada para reconhecer tais rupturas - reconstruir esse passado positivo (ABRANTES, 2002, p.67).

Dentre os obstáculos referidos por Bachelard (1996) em sua obra *A formação do espírito científico*, estão:

- **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;

- **Generalização:** Acontece no instante seguinte às primeiras observações, quando já não há mais nada a observar. Para Bachelard, a generalização 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;

- **Obstáculo verbal:** Trata-se de 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;

- **Substancialização:** Um dos mais difíceis obstáculos a superar porque se apóia 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;

- **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 idéia de progresso;

- **Obstáculo animista:** A natureza, em todos os seus fenômenos, é envolvida numa teoria geral do crescimento e da vida. A crença no caráter universal da vida pode ocasionar exageros incríveis quando verificada em casos concretos. Vida torna-se uma palavra mágica, valorizada. Qualquer outro princípio desaparece quando se pode invocar um princípio vital;

- **O quantitativo:** O conhecimento objetivo imediato já é falso por ser qualitativo uma vez que marca o objeto com impressões subjetivas e certezas prematuras. A

mensuração depende de uma reflexão adequada e não o contrário, depende de um instrumental construído especificamente para o que se quer avaliar. Sobre essa questão do medir, na aparência, é possível perceber o divórcio entre o pensamento do realista e o pensamento do cientista. O realista pega logo na mão o objeto particular. Porque o possui, ele o descreve e mede. Esgota a medição até a última decimal, como o tabelião conta uma fortuna até o último centavo. Ao inverso, o cientista *aproxima-se* do objeto primitivamente mal definido. E, antes de tudo, *prepara-se* para medir. Pondera as condições de seu estudo; determina a sensibilidade e o alcance de seus instrumentos. Por fim, é o *seu método de medir*, mais do que o *objeto de sua mensuração*, que o cientista descreve. O objeto medido nada mais é que um grau particular da aproximação do método de mensuração.

Além do conceito de obstáculo epistemológico, Bachelard (1996) explicita o conceito de ruptura como uma descontinuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Para Santos (1989), embora a ruptura bachelardiana interprete com fidelidade o modelo de racionalidade da ciência moderna, pesquisadores pós-modernos apontam que o senso comum apresenta positivities não opostas à ciência, surgindo assim o termo dupla ruptura. A primeira ruptura refere-se ao distanciamento da ciência do senso comum, não há diálogo entre os dois conhecimentos. Já a segunda ruptura implica uma transformação de ambos, não há um retorno, mas um estabelecimento de relação entre o conhecimento científico e a cultura particular de cada indivíduo. Andrade e Smolka (2009) colocam que na definição de ruptura bachelardiana está inerente a possibilidade de corte/parada/quebra de algo que está acontecendo. Também, pressupõe-se que exista uma continuidade (de alguma forma) para a qual um momento de ruptura se impõe como forma de modificação e de reorganização/direcionamento do processo.

Melo e Peduzzi (2007) com base na obra *La actividad racionalista de la física contemporânea* de Bachelard (1975) apontam para a não existência de uma verdade ou conhecimento inquestionável ao longo da história. Portanto, as ideias tem caráter provisório, estão sujeitas a tornar-se obsoletas. Esta característica da construção de conceitos, ideias e teorias científicas mostra as constantes rupturas que se estabelecem no avanço de uma trajetória histórica, já que a verdade não se configura definitiva, mas temporária. Neste panorama, o conhecimento é reconhecido como móvel, dinâmico, em detrimento de uma imagem estagnada.

No livro *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*, Bachelard (2004), aponta que a origem dos conceitos ocorre por meio de excitação nervosa, pela assimilação funcional e intencional e pela organização reflexa. Mas é pela vontade e pela escolha ativa do indivíduo que os conceitos são organizados e (re)criados, passando de traços múltiplos e mal associados em conceitos sólidos e duráveis. Bachelard (2004, p. 30), ao mesmo tempo que explicita a noção de descontinuidade entre os conceitos, afirma que “os conceitos formam um sistema. Isto basta para conferir-lhes uma solidariedade, que é uma forma de continuidade. Além disso, convém lembrar que os pontos que servem como centros para a cristalização conceptual não são fixos”. Nesta perspectiva, para Andrade e Smolka (2009), Bachelard aponta a presença tanto de espaços de continuidades como de rupturas entre os conceitos. A articulação complexa entre momentos de estabilização e de criação conceitual é motivadora de aproximações. Essa dualidade de estabilização e inovação integra a metodologia da retificação às sucessivas aproximações para a descrição do conhecimento aproximado.

Assim, para Bachelard (1996) a fecundidade de um conceito científico é proporcional à sua capacidade de deformação, no sentido de incorporar novas informações. O conceito científico correspondente a um fenômeno particular é um agrupamento de aproximações sucessivas. A conceituação científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que se pretende, para formar um eixo de pensamentos inventivos. Uma idéia científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma idéia inútil.

Uma outra característica da epistemologia bachelardiana é ser dialética (LOPES, 1996). Conforme Canguilhem (2002), a dialética em Bachelard possui o sentido de diálogo, um movimento de complementaridade e de coordenação de conceitos sem uma contradição lógica. Assim ele ressalta a fase de questionamento no fazer ciência. Para Bachelard (2006, p. 196), no tratamento da história da ciência “a partir do momento em que se aborda a região dos problemas, vive-se realmente numa época marcada por instantes privilegiados, por descontinuidades manifestas”. Segundo Bachelard (1996, p. 18) “para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Porque nada é dado. Tudo é construído.” O ser humano aperfeiçoa-se na medida em que pode ligar o seu ponto de vista a concepções anteriores. Os novos conhecimentos que não se “acomodam” tendem a ser rejeitados (JUSTINA; FERRARI, 2010). Esse “novo” conhecimento pode ser

acomodado em redes conceituais mediante a sua ressignificação e relação com as construções anteriores por meio de problematizações.

Outro conceito explicitado por Bachelard (1978, p. 25) é o de perfil epistemológico em sua obra *A filosofia do não*. A compreensão de um dado conceito científico pode passar por cinco fases distintas: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo clássico da mecânica racional, racionalismo completo e racionalismo discursivo. Ele, Bachelard é um exemplo de diferentes formas de interpretação da realidade em suas obras, com conotação noturna - poesia e diurna – filosofia da ciência. Constituindo-se ele próprio em um exemplo de perfil epistemológico.

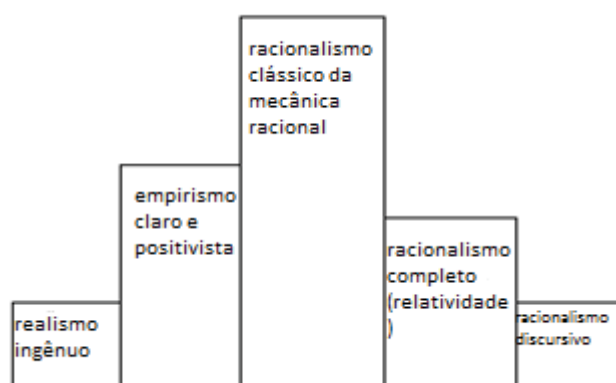


Figura 1 - O perfil epistemológico de Bachelard em relação ao conceito de massa (BACHELARD, 1978, p. 27)

De acordo com Bachelard (1978), 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 (relatividade) contempla as definições da ciência clássica que se tornam complexas ao integrar uma rede de conceitualização. O racionalismo discursivo, conforme Mortimer (1995), 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, 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. A figura 1 reproduz o perfil epistemológico que Bachelard usa para ilustrar o seu próprio conceito de massa. A altura de cada zona do perfil corresponde à extensão na qual essa “maneira de ver” está presente no pensamento individual.

Recorrendo a Bachelard (1978, p. 25), percebe-se que diferentes faces do conceito (re)construído constituem 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 estádio 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).

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 estádios da cultura dão lugar a nítidos pedagógicos (BACHELARD, 1978, p. 30).

Com base no perfil epistemológico bachelardiano, Mortimer (1995, p. 33) propõe a noção de perfil conceitual:

Eu usarei a noção de **perfil conceitual** no lugar de **perfil epistemológico** com o propósito de introduzir algumas características ao perfil que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard, 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 (1995, 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.

Quanto maior é uma determinada zona do perfil, mais forte é essa característica do conceito no perfil como um todo. Entretanto, salienta-se que deve se ter clareza ao se

interpretar esse tipo de representação, de que a altura de cada setor é uma aproximação qualitativa grosseira.

O pensamento de Bachelard incentiva a inventividade no ato de ensinar, valorizando, nesse processo, a análise histórica do conhecimento científico. Por um processo por ele chamado de *recorrência histórica*, o conhecimento do passado é relacionado ao conhecimento do presente, enfocando suas rupturas e (des)continuidades. Segundo Lôbo (2008) ao propor esta noção, Bachelard não pretende fazer um julgamento de valor, como se o conhecimento do presente fosse melhor que o do passado, como poderia parecer. Ao julgar o antigo em função do novo, ele reconhece uma ciência contemporânea pautada em recursos teóricos e técnicos não disponíveis no passado. Assim, trata-se de uma racionalidade mais complexa, e, portanto, mais próxima do pensamento científico atual. Assim:

A história do desenvolvimento dos fatos deve vir acompanhada da história do desenvolvimento dos valores racionais, valores esses que se constituem a partir de um racionalismo abrangente: o valor de uma idéia não depende apenas da idéia em si, mas da relação desta idéia com a clareza de outras ideias. A história recorrente é assim uma história que se esclarece pela finalidade do presente: partimos [...] do presente para descobrirmos, no passado, as formações progressivas (LOPES, 1996, p.257).

Bachelard volta-se mais para a análise do conhecimento. Assim, “a questão dos modos de interação entre si, pressupondo a linguagem como fundamento dessas interações e da produção do novo, é uma perspectiva não explicitada por Bachelard (ANDRADE; SMOLKA, 2009, p.266). Bakhtin como já foi tratado no capítulo anterior trata das questões de interações na construção do conhecimento e como uma atividade resultante do coletivo. Neste panorama, sugere-se que Bachelard e Bakhtin como autores complementares passíveis de fundamentar a análise de dados investigativos na área de ensino de biologia, em que o foco é a construção dialógica do conhecimento em diferentes níveis de escolaridade.

Com base na epistemologia bachelardiana que pressupõe que o entendimento de uma ciência depende do estudo de sua história, na sequência apresenta-se uma breve discussão da biologia como ciência única.

2.3 Uma breve reflexão sobre a biologia como ciência

A palavra “biologia” foi criada por Lamarck para indicar o estudo dos seres vivos. Na mesma época, a palavra foi usada por Treviranus para agrupar as ciências que tratavam da matéria organizada, em substituição a “história natural”. A expressão “história natural” compreendeu muitas acepções. Para Tomas Hobbes, em 1651, o termo “história natural” também significou "história dos fatos ou dos efeitos da natureza que não dependem da vontade do homem" (a história dos metais, plantas, animais e regiões) (WORTMANN, 1994). Para Singer (1947) ela abrangia desde o estudo da natureza, até os conhecimentos dos seres humanos. Segundo Wortmann (1994) a partir do século XIX, a expressão história natural foi raramente referida nas classificações dos conhecimentos/ciências, sendo o termo “biologia”, usado com maior frequência.

Para Canguilhem (1977), a história natural se constituiu em uma área de conhecimento característica, pela preocupação com a classificação dos seres vivos e a sua distribuição num quadro de semelhanças e diferenças; pelas tentativas de conhecer as relações de exclusão e parentesco entre as espécies mediante a comparação de suas formas; pela investigação da compatibilidade ou das modalidades de coexistência dos diferentes tipos de organização, num quadro de vida limitado por seu suporte ambiental. Enquanto área do conhecimento, a história natural possuía um currículo mínimo: biologia (citologia, histologia, embriologia e genética); botânica (morfologia, fisiologia e sistemática); zoologia (morfologia, fisiologia e sistemática); mineralogia e petrologia, geologia e paleontologia. A integração de conceitos de áreas vizinhas contribuiu para o amadurecimento da genética, tais como, pensamento populacional, de programa e outros.

Considera-se também que a “nova biologia”, com uma perspectiva reducionista, surgida a partir da década de cinquenta é uma ciência cujo objeto de estudo possui uma grande sutileza estrutural e funcional. Seu objeto é obtido ao desconsiderar traços que eram tidos como essenciais ao estudo do ser vivo, por exemplo, a integridade do indivíduo celular deu lugar ao exercício das suas funções de degradação enzimática. Além disso, o estudo da vida passou a ser desenvolvido de modo cada vez mais próximo da não-vida e do estado máximo de privação de seus atributos tradicionais. Este direcionamento conduziu à transformação da escala do objeto de estudo e à modificação da forma de “fazer as perguntas” nas ciências biológicas. Entretanto, todo o organismo de uma espécie sexualmente reprodutiva é único. Enquanto que a maioria das leis das ciências físicas baseia-se na ausência de unicidade - átomos e moléculas (WORTMANN, 1994).

Atualmente, como uma ciência autônoma, em termos conceituais a biologia é o estudo dos organismos vivos que possuem características próprias que os diferenciam da matéria inanimada. Configura-se como uma área abrangente, dividida em subáreas que desenvolvem conceitos que são acrescentados ao acervo científico da biologia (CALDEIRA, 2009). Entretanto, conforme Mayr (2005), a biologia para ser reconhecida como ciência autônoma precisou passar por três conjuntos de eventos distintos: a refutação de princípios equivocados como o vitalismo e a teleologia; a demonstração de que certos princípios da ciência Física não podem ser adotados à biologia, tais como a ausência de leis naturais universais em biologia; a percepção do caráter único de certos princípios básicos da biologia que não são aplicáveis ao mundo inanimado, tais como a complexidade de sistemas vivos.

Mayr (2005) divide a biologia em dois campos: a mecanicista (funcional) e a histórica. A biologia funcional abrange a fisiologia de todas as atividades de organismos vivos, os processos celulares e moleculares, que podem ser explicados pela química e física. Já a biologia histórica, evolucionista, é indispensável para a explicação de todos os aspectos do mundo vivo que envolvem a dimensão de tempo histórico. Para Bellini (2008), a abordagem da pesquisa nas ciências biológicas no século passado ficou dividida, principalmente, em dois campos. O primeiro se refere a pesquisa analítica que trata dos fenômenos moleculares e foi chamada de reducionista pois todos os fenômenos biológicos poderiam ser vistos como determinados pelos genes. O segundo campo é o da pesquisa globalista, voltada à genética e à evolução, que foi proposta e defendida inicialmente por Waddington mediante o conceito de totalidade em sua biologia teórica. O conceito de totalidade se opõe ao reducionismo da genética determinista.

As duas abordagens da biologia são relevantes, complementares e contribuem para o estabelecimento de diferentes áreas da biologia. No entanto, como assinala Waddington (1979) há necessidade de buscar um arcabouço teórico nesta ciência. A consolidação da biologia como uma ciência única pressupõe de uma biologia teórica constituída, contribuindo na interpretação e compreensão do conhecimento biológico e de seus conceitos chaves de forma menos fragmentada, mais integradora.

Para Lewontin (2002) a biologia é construída conforme aquilo que os cientistas fazem por que sabem fazer e o que o tempo e recursos materiais disponíveis lhes permitem. Novas técnicas experimentais resultam da busca por soluções aos problemas que estão sendo pesquisados por cientistas que tem interesses comuns. No momento que estas técnicas são desenvolvidas passam a ter grande influência na determinação das

perguntas que serão formuladas e as quais se buscarão respostas. No âmbito de parte da comunidade científica da biologia, sabe-se hoje que o DNA (ácido desoxirribonucléico) não é suficiente para determinar uma característica sozinho, nem mesmo especificar uma proteína tridimensional, e que o ambiente e o organismo modificam-se mutuamente. No entanto este conhecimento não pode ser incorporado à estrutura da explicação biológica, a menos que esteja incorporado como um novo paradigma da Biologia. Os avanços da Biologia dependem da criação de novas abordagens de pesquisa que permitam englobar estas questões. Uma possibilidade é a biologia de sistemas, a ser explicitada no próximo capítulo.

2.3.1 A epistemologia da biologia

Ao recorrer à definição de epistemologia observa-se que este é um conceito polissêmico que permeia o universo de trabalho de pesquisadores em ensino de ciências, com fronteiras, às vezes, muito difusas. Este termo pode ter várias definições, dependendo inclusive de épocas e lugares em que foram concebidas e utilizadas. Na busca por definir epistemologia encontra-se que a palavra deriva do grego, *epistéme*, ciência; *logos*, estudo, discurso, portanto, a epistemologia, no seu sentido etimológico, significa estudo ou discurso sobre a ciência. O estudo da gênese, desenvolvimento, estruturação e articulação da ciência, é o campo da epistemologia. Pode-se entender a epistemologia como o discurso sobre a ciência, mas sobre a ciência moderna, que se estabelece como área do conhecimento humano separado de outras culturas tais como a teologia e a arte. Neste sentido a epistemologia da ciência é a busca de um conhecimento sobre a ciência, como ela acontece, qual o seu valor e quais seus fundamentos lógicos.

A preocupação com a validade do conhecimento perpassa duas fases históricas. A primeira de Hume a Popper que tinha uma tendência analítica, ou seja, o conhecimento era definido em função da racionalidade. Na segunda fase que é demarcada por Hanson, até os dias de hoje, passando por Kuhn, Lakatos, Toulmin, Feyerabend, Bachelard, Canguilhem, entre outros, tem predominado a tendência histórica para definir a produção e a legitimação do conhecimento (RAMOS, 2003).

Para Abrantes (2002, p.66) com base em Lebrun, a "idéia de epistemologia" compreende os seguintes aspectos:

- a) Pluralidade das ciências: a epistemologia considera cada ciência particular como "um território autônomo, regido por normas intrínsecas, fruto de um consenso provisório e instável".
- b) Desenvolvimento descontínuo do conhecimento científico: a história das ciências é marcada por rupturas, mudanças radicais no consenso, nas normas, nas estratégias que caracterizam o trabalho científico numa determinada área, em certo período.
- c) Dissolução da imagem tradicional do conhecimento científico enquanto conjunto de verdades: as ciências passam a ser vistas como "aventuras contingentes" legitimando, desse modo, uma investigação histórica (os produtos teóricos das ciências sendo tratados como acontecimentos) e filológica (a análise de tais produtos, enquanto textos, visa exibir uma estratégia, fruto de escolhas e decisões tomadas num trabalho coletivo).

A epistemologia como parte da filosofia da ciência é o estudo crítico do conhecimento científico, seus princípios e resultados, além da análise crítica das caminhadas, das dificuldades, das revoluções e das rupturas da ciência. Já a epistemologia enquanto teoria do conhecimento: parte da filosofia que estuda as relações que existem entre o sujeito cognoscente e o objeto conhecido, assim como os problemas levantados por estas relações (RAMOS, 2003). Neste sentido, para este autor, há duas vertentes epistemológicas. A primeira se refere à epistemologia como a teoria do conhecimento, que é desveladora do processo de conhecimento, centrada no sujeito que conhece e no objeto que é conhecido. A segunda é parte da filosofia da ciência, que trata da crítica interna de uma ciência com vistas ao seu caminho e (re)criação.

Embora na presente tese as duas abordagens não sejam excludentes e/ou estanques, destaca-se de que há um enfoque maior da epistemologia como ciência no terceiro capítulo no qual se estuda a proposição da teoria genotípica e suas repercussões na biologia. Já como teoria do conhecimento há destaque no momento do estudo da (re)construção conceitual por estudantes de conceitos biológicos no quinto capítulo deste trabalho.

Recorrendo às ideias de Lebrun (2006) da epistemologia da ciência quando aplicadas à epistemologia da biologia apontam que esta deve considerar o que ela tem de único e diferente das outras ciências, destacando as discontinuidades, rompendo com o estatuto de verdade muitas vezes atribuído ao conhecimento biológico nos diferentes *locus* em que é abordado. Nesta direção o estudo epistemológico da biologia pode contribuir para a compreensão da construção do conhecimento científico.

Em sua obra *O novo espírito científico*, Bachelard aponta o lugar do pensamento epistemológico como o momento em que a razão antecede a experiência⁸:

É, pois, bem na encruzilhada dos caminhos que deve colocar-se o epistemólogo, entre o realismo e o racionalismo. É aí que ele pode captar o novo dinamismo destas filosofias contrárias, o duplo movimento pelo qual a ciência simplifica o real e complica a razão. Temos então encurtado o percurso que vai da realidade explicada ao pensamento aplicado (BACHELARD, 1982, p.14).

A epistemologia da biologia, à luz de alguns conceitos bachelardianos, pode ser considerada como a busca de compreender a biologia como uma ciência e os elementos próprios desta ciência. O conhecimento biológico passa a ser concebido como uma verdade histórica e não como a verdade extraída dos fatos, portanto, contraria e desmistifica a visão de ciência pronta, acabada e imutável. Nesse panorama, no âmbito do ensino, a biologia já não é tratada como uma ciência apenas descritiva e de memória, mas envolve conhecimentos bem mais complexos. Assim, pensar a biologia de forma epistemológica é refletir em nível dos conceitos, como estes foram e continuam sendo (re)construídos.

Discutir os conceitos centrais da biologia é uma etapa importante para a sistematização do conhecimento científico. Entende-se, conforme a epistemologia da ciência de Canguilhem (2002), que cada conceito pode ser considerado como uma rede flexível de conhecimento, e tem a sua história: forma-se numa determinada época e vai sendo retificado (e recriado) ao longo do tempo. O conceito exprime o discurso científico e, portanto deve ser priorizado o seu estudo no campo das ciências. Assim, a unidade de análise epistemológica deve ser o conceito, sendo a ciência um conjunto de conceitos de tempos heterogêneos.

Como já enfocado anteriormente, para Bachelard (2004) os conceitos devem ser vistos sempre como parte de um *conhecimento aproximado*, como algo transitório, em constante (re)criação. Em uma perspectiva histórica, o conceito é integrador de outros conceitos, e o conhecimento biológico passa a ter um enfoque problematizador, e conseqüentemente uma abordagem interdisciplinar. Assim, considera-se um conceito

⁸ Experiência aqui reconhecida como a prática que pode envolver desde a observação, a experimentação, ou mesmo a escolha de materiais para a pesquisa. A experiência na atividade científica deve ser sempre antecedida e norteada pela razão, ou seja, pelo embasamento teórico. E a interpretação da experiência está atrelada às perguntas que se buscam responder. Se não houver pergunta, não há resposta, mesmo havendo experiência.

biológico proporcional à sua capacidade de deformação, no sentido de incorporar novas informações. O conceito biológico correspondente a um fenômeno particular é um agrupamento de aproximações sucessivas. A conceituação científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que se pretende, para formar um eixo de pensamentos inventivos.

Para Canguilhem (2002), o desenvolvimento da biologia como ciência tem um estatuto de descontinuidade, sua história é uma sequência de rupturas e invenções. Em termos de Bachelard (2006, p. 200) esta ciência “é constantemente retificada, completada, diversificada. A linguagem da ciência está em estado de revolução semântica permanente”. Canguilhem (2002) propõe que na história de conceitos científicos há um estatuto de descontinuidade, pois cada conceito forma-se em uma época e sofre modificações ao longo do tempo. Um conceito não se limita ao interior de uma ciência, mas segue filiações conceituais em ciências diferentes, bem como as relações com outras culturas. Assim, embora o conceito normalmente seja indicado por um nome, ele não é o nome, já que diferentes nomes podem exprimir o mesmo conceito e diferentes conceitos podem ser indicados pelo mesmo nome. Por exemplo, o termo gene na contemporaneidade, sendo polissêmico, acaba por indicar diferentes conceitos de genes presentes na epistemologia da biologia. Para Abbagnano (2007), o conceito apresenta diferentes funções no domínio científico, tais como descrever objetos da experiência, classificar e organizar os dados da experiência, de modo que se estabeleçam entre eles conexões de natureza lógica.

O processo de formular conceitos teóricos, tais como gene e célula, constitui o único dispositivo que o ser humano dispõe para lidar com a complexidade do mundo do qual é parte integrante. Eles são essenciais para empreender ciências, entre outras culturas. Sem recorrer à ajuda de conceitos simbólicos formulados por estas atividades, as decisões dos seres humanos estariam fadadas ao senso comum (WADDINGTON, 1979).

Neste contexto, pensar a biologia epistemologicamente requer concebê-la como uma ciência em constante retificação, em que as fronteiras do conhecimento científico não possuem limitações precisas, sempre é possível refutar o que se considerava válido ou acrescentar novas construções, refletindo acerca do “como”, “para que” e “por que” o conhecimento científico em questão foi construído. Nesse trabalho considera-se conceito em biologia como um sistema individual, composto por outros conceitos, que por vezes,

comportam-se como caixas-pretas⁹, os quais são abertos em momentos de alargamento do pensamento científico, em que se estabelecem continuidades e rupturas com noções anteriores. Constituem-se filiações conceituais distintas em diferentes culturas. Portanto um conceito é plural, ao possuir diferentes faces em um mesmo indivíduo.

Enquanto a ciência biologia é produzida por comunidades de cientistas, influenciada por fatores externos, que definem e controlam os mecanismos de produção e institucionalização de seus próprios conhecimentos, o tornar público deste conhecimento ocorre por diferentes meios de divulgação, como é o caso do ensino formal que atende a demandas sociais distintas daquelas oriundas dos campos científicos. Face à importância da compreensão de definições básicas do conhecimento biológico por alunos e professores de diferentes níveis de ensino, e ao considerar o estudo da história da biologia uma ferramenta para tal compreensão, na sequência, são realizadas algumas reflexões acerca do conhecimento biológico no âmbito do ensino e a inserção de episódios históricos.

2.4 O conhecimento biológico no contexto do ensino

Uma das formas de divulgar e assim popularizar os conhecimentos biológicos é mediante o contexto formal de ensino da educação básica. Também é necessário olhar para os apontamentos da pesquisa da área acerca do ensino e aprendizagem dos conceitos científicos. Neste contexto Soares et alli (2008), apontam que anteriormente à década de 70, o campo de pesquisa na área de ensino de ciências, não era claramente instituído. O esforço empreendido era direcionado a qualificar a prática de sala de aula em relação aos subsídios didáticos, considerando principalmente o que ensinar e como ensinar. Para Giordan e Vecchi (1996), nesta década os estudos na área de ensino de ciências voltam-se para o levantamento de concepções dos alunos sobre determinados fenômenos naturais. Estas são frequentemente anteriores a abordagem científica desse fenômeno no contexto de ensino, por isso, essas concepções são também chamadas de concepções “prévias”. Desse modo, a aprendizagem passou a ser vinculada com as formas que são estabelecidas relações entre novos conhecimentos e as concepções prévias dos alunos.

⁹ Conforme Fourez (1997), caixa-preta é uma representação que se aceita em sua globalidade sem considerar útil o exame dos mecanismos de seu funcionamento. A fronteira do conhecimento fica restrita à disciplina em que está sendo focado.

Na década de 1980, o enfoque foi na “mudança conceitual”. Com a percepção de que os alunos possuem concepções prévias sobre os conceitos científicos abordados no ensino de ciências foram propostas estratégias que transformassem as concepções prévias dos estudantes em concepções próximas ao conhecimento científico (BASTOS et alli, 2004). O processo de mudança conceitual implicaria o reconhecimento dos conceitos científicos como sendo mais relevantes do que suas concepções alternativas. Entretanto, a observação de que as concepções prévias eram resistentes à modificação levou a proposição de outros modelos de aprendizagem na década de 90, como a noção de perfil conceitual (MORTIMER, 1995), o qual já foi focado anteriormente neste capítulo. Na noção de perfil conceitual, a construção de um conceito científico pelo aluno não implica obrigatoriamente no abandono de um conceito mais próximo do senso comum. Na primeira década do século XXI, há indicativos das pesquisas na área de ensino de ciências de que nos processos de ensino e aprendizagem ocorre tanto a mudança conceitual quanto o perfil conceitual (BASTOS et alli, 2004).

No que tange, especialmente, ao ensino de biologia, sabe-se que entender e romper com fronteiras concebidas, muitas vezes, como fixas e que não representam o conhecimento biológico atual, como é o caso do genótipo associado estritamente ao DNA que integra o perfil conceitual de alunos e professores de biologia, não é uma mudança conceitual rápida e fácil, igualmente, demanda a compreensão e assimilação de uma nova visão dos processos biológicos. Conforme já afirmaram Joaquim e El-Hani (2010), não se consegue separar o gene do DNA, pois esta associação está presente tanto no discurso científico, no âmbito de ensino como na sociedade.

No caso da aprendizagem do conhecimento biológico, recorrendo a Pozo (2005, p. 193), pode-se inferir que:

[...] adquirir conhecimento não implica substituir umas representações, ou objetos de conhecimento, por outras, mas multiplicar as perspectivas ou atitudes epistêmicas desses objetos e, finalmente, integrá-las em uma única teoria ou agência cognitiva que re-descreva as relações desses componentes num novo nível. Já não basta representar o mundo através das teorias, mas deve-se representar as próprias teorias [...]. O conhecimento científico não pode substituir outras formas de saber, mas pode, sim integrar hierarquicamente algumas delas, re-descrevendo (isto é, explicando) suas previsões, seus objetos.

Com base na idéia de um conhecimento científico dinâmico que se integra a outros conhecimentos, podendo explicá-los mediante o estabelecimento de filiações

conceituais, considera-se o conhecimento biológico como o desencadeador de discussões que levem a questões sociais, como a abordagem ética, favorecendo assim o alargamento conceitual dos modelos explicativos construídos pelos alunos.

A abordagem de fatos científicos como parte integrante do processo de construção da cultura humana é primordial no ponto de vista da argumentação e construção da ciência no âmbito do ensino. Conforme Freire-Maia (1990), desta forma, não se pode acreditar inocentemente que a ciência, como um conjunto de conhecimentos (ciência-disciplina) e de atividades realizadas por cientistas (ciência-processo), seja algo que independe do seu meio social, sendo neutra em relação a várias disputas que envolvem a sociedade em suas diferentes faces. Assim, a ciência representa um conjunto de conhecimentos gerado ou em geração num meio social específico e, obviamente, sofrendo as influências dos fatores que compõem a cultura da qual faz parte, já que sendo um produto da sociedade, tanto influencia quanto sofre suas influências. O que faz com que a ciência jamais se liberte dos condicionamentos gerados por fatores ligados a sistemas políticos, níveis econômicos, pressões sociais, religiões.

Neste contexto, qual a relação que se pode estabelecer entre a biologia como corpo de conhecimento, resultante das atividades dos cientistas e a biologia como disciplina escolar?

Para Astolfi e Develay (1995, p. 51) há um longo caminho entre o “saber dos cientistas” e o “saber a ensinar”, pois “conteúdos de ensino resultam de cruzamentos complexos entre uma lógica conceitual, um projeto de formação e exigências didáticas”. Para Marandino (2004) a transformação do conhecimento científico com fins de ensino e divulgação não constitui simples “adaptação” ou mera “simplificação” de conhecimento, podendo ser então analisada na perspectiva de compreender a produção de novos saberes nesses processos. Conforme Carvalho (2010) há uma demora do conhecimento construído no âmbito da comunidade científica para chegar ao contexto dos currículos escolares, por meio de programas e materiais didáticos. Assim conceitos considerados obsoletos continuam a permear o universo das salas de aula da educação básica e mesmo superior, como é o caso do conceito de gene restrito à molécula de DNA.

O conhecimento fragmentado resulta dos diferentes objetivos atribuídos a disciplina escolar biologia ou ao ensino de biologia em diferentes contextos. Por exemplo, ao priorizar o trabalho de questões sociais, pode haver um esvaziando dos conceitos biológicos. A fragmentação também pode estar associada a uma abordagem de diferentes subáreas das ciências biológicas como distintas não integrando-as em uma ciência única,

com enfoque principal na memorização em que os conceitos científicos não são ressignificados pelos alunos, portanto não associados a outras formas de cultura.

Pensar acerca do conhecimento biológico no contexto escolar implica (SELLES; FERREIRA, 2005) reconhecer as relações que a disciplina escolar biologia vem estabelecendo, por um lado com suas ciências de referência e por outro, com os inúmeros aspectos sociais que marcam a sua história. As inúmeras pressões sociais e de ordem ética vêm alargando as fronteiras do conhecimento biológico, evidenciando que estas interfaces demandam um entendimento mais amplo da contribuição da biologia para o enfrentamento de questões atuais. Fatores sociais e econômicos relacionados à aplicação do conhecimento biológico em áreas como a indústria e a agricultura, fortalecem o ensino dessa disciplina na escola.

No que tange aos entrelaces em relação ao conhecimento biológico e a ética, muitas vezes a biologia tem sido abordado timidamente em sala de aula para embasar questões éticas. Sabe-se que o conhecimento biológico deve integrar o arcabouço de conhecimento que possibilite pensar e problematizar questões éticas. É preciso reconhecer que tanto o conhecimento biológico como questões éticas podem ser elementos problematizadores no processo de ensino e aprendizagem. Apesar disto, conforme Rodrigues, Justina e Meglhioratti (2011), a biologia continua sendo apresentada nos livros didáticos e trabalhada em sala de aula, às vezes, com uma abordagem predominantemente descritiva e baseada na concepção de que a ciência é neutra, ahistórica. As teorias são concebidas como verdades absolutas e o ato de aprender é considerado passivo.

É preciso realizar investigações que unam os campos da epistemologia, da história e da didática da biologia para contribuir para superar as dificuldades de melhoria da disciplina escolar biologia para que ela sirva aos seus objetivos. Sendo imprescindível o tratamento do conhecimento biológico concomitantemente com o didático-pedagógico. Somente assim chegar-se-á às questões sociais.

Tem-se como pressuposto de que a inclusão de episódios históricos no contexto do ensino de biologia possa viabilizar mudanças significativas no quadro de dificuldades no ensino desta ciência, na sequência são explicitadas algumas ideias acerca desta questão.

2.4.1 Recorrendo a inclusão de episódios científicos para entender o conhecimento biológico

Atualmente, diante dos inúmeros avanços científicos e tecnológicos é imprescindível que haja a apropriação de um conhecimento aceito pela comunidade científica atual, que forneça ao indivíduo uma base para construções futuras. De acordo com Delizoivov, Angotti e Pernambuco (2002), o processo de produção da ciência e da tecnologia precisa ser apropriado e entendido, no âmbito dos escolarizados. Isso pressupõe um entendimento de que o processo de produção do conhecimento científico e tecnológico constitui uma atividade humana, sócio-historicamente determinada, sob pressões internas e externas, com mecanismos e resultados não acessíveis a grande parte da população. Ao proporcionar o conhecimento científico e tecnológico aos alunos, o trabalho docente deve ser direcionado para uma apropriação crítica pelos mesmos, a fim de que este incorpore ao universo das representações sociais e se constitua como “cultura”, ultrapassando a prática da “ciência morta”.

A articulação de um conceito biológico que está sendo estudado à sua história pode levar o professor a compreender que o conhecimento científico tem uma historicidade e que esta é uma explicação provisória sobre as coisas. Tomando conhecimento destas implicações, o professor pode entender que ensinar ciências é uma tarefa mais complexa do que o simples modelo da transmissão e recepção de conteúdos predominantemente descritivos e que devem ser meramente memorizados sem significá-los a seus alunos.

Perante este quadro fica o questionamento: Como um episódio histórico pode se constituir em um material didático? Como uma possível resposta, na sequência discute-se a relevância dos conceitos em biologia serem abordados em uma conotação histórica, com a inclusão de episódios históricos no seu ensino.

A abordagem de conceitos situados historicamente pode favorecer a percepção de uma cultura científica dinâmica em constante (re)construção, a aquisição do conhecimento biológico, bem como o estabelecimento de filiações conceituais em ciências diferentes, e relações com outras culturas. Na perspectiva da epistemologia bachelardiana a crítica sobre a produção de conceitos só é possível quando relacionada com o contexto da sua produção histórica. Isso evidencia a necessária reflexão acerca da produção histórica do conhecimento científico, sobre a descontinuidade desse processo e a necessária educação científica, com a inserção da ciência na cultura geral.

Ao retomar a questão da biologia ser estruturada por conceitos, este deve ser o direcionamento no seu ensino também. Entretanto, em muitos conceitos biológicos é difícil encontrar contrapartida empírica, de modo a ter-se uma uniformidade de eventos que permitam generalizações, como é o caso da herança biológica. Em alternativa à noção de conceitos como rótulos, Teixeira (2006) aponta a noção de conceitos como sendo uma rede flexível de conhecimentos articulados, um conjunto de informações concatenadas que permitem descrever, explicar e representar os fenômenos. Nesse sentido, cada conceito seria constituído por uma série de outros conceitos.

Os conceitos constituem as noções com as quais se pensa e sobre as quais pode-se pensar. Eles são, concomitantemente, os elementos com os quais articulam-se informações e os próprios conteúdos sobre os quais se pensa. Conceber conceitos como a articulação de conhecimentos caracteriza-os como algo dinâmico, pois, dependendo do que for articulado, teremos variações no produto final. Um mesmo indivíduo tanto pode dar diferentes direções para a sua rede conceitual, diversificando o conteúdo do conceito, quanto variar a quantidade de informações com as quais ele lida. Portanto, admite-se inclusive a possibilidade de um mesmo indivíduo ativar informações diferentes, de modo a apresentar, como produto, conceitos diferenciados para um mesmo fato ou fenômeno (TEIXEIRA, 2006).

No caso do conhecimento biológico, deve-se considerar, conforme Pozo (2005, p. 193) uma *reestruturação teórica* que para “adquirir conhecimentos mais complexos exige também dispor de estruturas conceituais mais complexas, nas quais seja possível integrar as representações mais primárias”, ou seja, as noções básicas são imprescindíveis na (re)construção da rede conceitual. Por exemplo, se um indivíduo não compreender o conceito de célula, gene, entre outros, não poderá entender os processos envolvidos na expressão gênica.

Assim, 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, e a abordagem de fenômenos biológicos é feita de forma fragmentada. Assim, há uma limitação do pensamento na biologia, pois determinados termos em uma rede conceitual, como célula, permanecem como uma caixa-preta na disciplina de genética.

Concordando com Pedrancini, Corazza e Galuch (2011), o ensino voltado para o desenvolvimento da abstração, generalização e formação de conhecimentos científicos não deve ser apenas direcionado para a definição de termos, mas também para a ação,

para a atividade ou aplicação, procedimentos que exigem dos alunos que trabalhem com o significado dos conceitos e com as características essenciais dos fenômenos.

Como já abordado anteriormente, para a transformação de um episódio histórico em material didático é necessário uma atividade interdisciplinar, pois este fato científico deve ser (re)construído por um coletivo de profissionais especialistas em diferentes áreas, tais como: história da ciência; ensino de ciências; áreas específicas da biologia. Entretanto trata-se de uma proposição que deve ser adequada pelo professor da educação básica no seu desenvolvimento em atividades de ensino e aprendizagem. Somente assim ele pode se efetivar como material didático e chegar à sala de aula com qualidade.

Prestes e Caldeira (2009) recorreram aos trabalhos de Michael Mathews e Richard Duschl acerca das pesquisas em história da ciência na educação científica realizadas entre as décadas de 1950 e 1980 e apontaram duas tendências na área. Uma se refere a um interesse crescente em investigações relacionadas a como desenvolver a história e filosofia da ciência no ensino de ciências como um elemento norteador de cursos e/ou disciplinas. Nessa abordagem, denominada “integrada”, a perspectiva histórica é norteadora do conteúdo científico a ser trabalhado com os estudantes em um determinado curso. Assim cada conceito é trabalhado a partir de suas origens e transformações. A outra abordagem, denominada “inclusiva” contempla a inserção de episódios históricos específicos em unidades de cursos de ciências de forma pontual. A segunda opção de abordagem histórica é a contemplada no presente trabalho.

Para a inclusão de episódios históricos no ensino, como salienta Pessoa Júnior (1996), há diferentes possibilidades. Em seu trabalho, ele descreve algumas formas que podem ser utilizadas no ensino de ciências, corroborando a idéia de que não existe uma única maneira de se contar um determinado evento da ciência.

Para Pessoa Júnior (1996) as possibilidades são:

- 1. História internalista de longo prazo:** Utiliza-se linguagem moderna com gráficos atuais para explicar como as concepções se desenvolveram ao longo do tempo. Apresenta-se a história da seguinte forma: Primeiro Mendel propôs isto, depois Johansen propôs aquilo até que Watson e Crick, etc. É uma forma eficaz, embora pouco fiel às origens.
- 2. Perfil epistemológico de grandes cientistas:** Neste caso se recorre a um cientista, por exemplo Darwin, quais as ideias que ele elaborou, quais foram os problemas que ele resolveu e os que ficaram a ser respondidos, etc.

3. História externalista ou social: Explica-se como era a sociedade na época, quais as necessidades tecnológicas, explica-se por exemplo o porquê de determinados países serem os centros tecnológicos.

4. História a partir da leitura de originais: O professor daria traduções de originais de cientistas para os alunos lerem, no entanto, existe a falta de traduções para o português.

5. História internalista que reconstrói a história da ciência a partir de teorias de dinâmica científica: Pega-se uma teoria da mudança das teorias científicas como a de Thomas Kuhn, pautada em revoluções científicas e descreve-se episódios da história da ciência usando tais modelos. Dessa forma, o aluno adquire uma visão geral de como funciona a ciência.

6. História dos instrumentos científicos: Recorre-se às técnicas e materiais utilizados em investigações de cientistas do passado. O objetivo é (re)construir experimentos mas deixando claro as diferenças entre a realidade de hoje e o passado. Apresenta potencial didático e utiliza a base experimental da ciência.

7. Utilização das histórias possíveis: Estudando como um campo se originou historicamente, percebe-se que ele poderia ter sido construído de outra maneira. A idéia é de não ficar restrito somente à história que por acaso aconteceu e foi contada.

Salienta-se que cabe ao autor/pesquisador de materiais didáticos ou paradidáticos com inclusão de episódios históricos, deixar explícita a abordagem que está sendo colocada, bem como suas limitações, para que o professor que utiliza em sala de aula possa problematizá-lo e adequá-lo ao contexto de ensino. Salienta-se que no presente trabalho de pesquisa de tese, conforme descrito nos próximos capítulos, a abordagem foi referente a “história a partir da leitura de originais”, e por vezes, promoveu-se a abordagem da “utilização das histórias possíveis”.

Entretanto, para Bizzo (2004), durante o processo de formação dos alunos, principalmente no ensino de ciências e biologia, o que ocorre é que os professores acabam por apresentar uma visão errônea e acrítica da ciência, pois os conteúdos que são trabalhados são passados de forma facilitada aos alunos, omitindo certas reflexões e argumentações que são básicas para todo desenvolvimento científico. Além disso, os livros textos, dos diferentes níveis de ensino, geralmente apresentam relatos sobre as descobertas dos fatos científicos de forma muito sintética e superficial, levando os alunos a terem conclusões precipitadas e a certas interpretações tendenciosas, corroboradas por

uma visão ahistórica difundida por muitos livros didáticos. Para este autor, há uma carência entre a apresentação de noções da história da construção do conhecimento das ciências e o ensino sistemático, principalmente das disciplinas de ciências e biologia. Os conteúdos e métodos de ensino destas disciplinas normalmente estão atrelados a currículos pouco atualizados.

O processo de ensino e aprendizagem da biologia com a inclusão de episódios históricos no contexto de sala de aula, requer que pesquisadores da área de didática da biologia estejam dispostos a investigar possibilidades para tal fato, ao transpor materiais produzidos por historiadores da ciência ao âmbito das salas de aula, quer seja de educação básica ou de formação de professores. Enfim, é preciso conforme Justina et alli (2010b) ir ao encontro de uma pesquisa mais aplicada ao contexto de ensino.

A atividade do pensamento epistêmico envolve o desenvolvimento de novas perspectivas em relação às representações (conhecimento) (POZO, 2005). Partindo do pressuposto de que o pensamento epistemológico surge quando a certeza presente no pensamento estagnado acaba, acredita-se que uma forma de pensar de forma epistemológica é mediante a proposição de problemas e a busca de possíveis respostas. Entretanto, no universo escolar, o conhecimento biológico, é tratado muitas vezes com atividades que exigem do estudante saber mais encontrar respostas do que saber pensá-los efetivamente como problemas. Um dos maiores desafios do ensino de biologia é estimular a capacidade de problematização do aluno.

Problematizar é colocar-se na contramão dos discursos monótonos, promovendo a liberdade de pensamento, o que significa torná-lo crítico. Neste contexto, aprender ciências pode se tornar interessante e deixar de ser apenas uma obrigação que sacrifica a memória e instrumentaliza o raciocínio, fazendo do aluno um mero repetidor do que dizem o professor e os livros didáticos (OLIVEIRA, 2005, p.70).

Os problemas são desafios desencadeadores do processo de ensino e aprendizagem com os quais pode emergir a necessidade de apropriação de um conhecimento ainda não construído pelo aluno. Enfim eles são a gênese do alargamento do pensamento científico. Nessa direção, Delizoicov (2001) aponta que proporcionar questões problematizadoras pode estar:

[...] articulada ao uso de história e filosofia da ciência no ensino [...]. Dessa forma seria propiciada a contextualização da origem, formulação e solução dos problemas mais relevantes que culminaram com a

produção de modelos e teorias, o que teria o potencial de explicitar e explorar o significado histórico dos problemas junto aos estudantes e, talvez por isso, permitir-lhes a apreensão das soluções dadas e o respectivo conhecimento produzido (DELIZOICOV, 2001, p.134).

Quando um aluno chega ao ponto de interrogar o objeto de estudo, buscando as razões ou os motivos que o originaram e/ou possibilitaram as modificações que lhe foram feitas ao longo das diversas incursões através do tempo, ele demonstra disposição para reconstruí-lo. Ou seja, quando ele discute de onde vieram certas ideias, como foram construídas para chegar onde estão ou mesmo questiona os caminhos que geraram tal criação, de certa forma ele nos dá indícios de que reconhece tais conceitos como objeto de construção e não como conhecimentos revelados ou meramente passíveis de transmissão (CASTRO; CARVALHO, 1992).

Nesta perspectiva, tomando como ponto de partida a história da ciência, é possível verificar a presença de informações que apontam que a mesma propicia diferentes formas de ver e explicar o mundo. Pode-se encontrar na história, representações alternativas às explicações científicas válidas atualmente e, assim, despertar a atenção para as formas alternativas de pensamento dos alunos. A história da ciência também revela a persistência de determinadas representações, durante longos períodos de tempo, e as rupturas ocorridas no processo de produção de conhecimento sobre o mundo. Ao ter contato adequado com a história da ciência é possível estabelecer uma concepção de construção humana da ciência. De acordo com Kuhn (2000), nenhuma teoria resolve todos os enigmas com os quais se confronta em um determinado momento, nem todas as soluções já propostas são perfeitas. Ao contrário, é exatamente a imperfeição e a insuficiência de ajuste dos dados existentes que, em qualquer época, definem muitos dos desafios que caracterizam a ciência normal.

Entretanto, desde que a ciência existe enquanto conhecimento apropriado pelos seres humanos, existem vários mitos acerca de seus estudos e realizações. Fourez (1999) argumenta que a concepção da ciência e da tecnologia como neutras inviabilizam a educação científica. Esta concepção origina direta ou indiretamente os mitos da superioridade da ciência e da tecnologia, das perspectivas salvacionistas e do determinismo biológico. Se um professor conceber a ciência e a tecnologia como neutras, poderá compreender numa perspectiva reducionista a educação científica. De acordo com Auler e Delizoicov (2001), o professor ter como base a neutralidade ou não neutralidade

da ciência e da tecnologia, leva a encaminhamentos muito diferenciados em relação ao ensino de ciências.

A construção de um embasamento histórico e epistemológico, tanto do professor como dos alunos, pode minimizar possíveis distorções e discrepâncias ocorridas no entendimento de teorias científicas e tecnológicas, que podem ou não ser aceitas, evitando-se assim possíveis conclusões tendenciosas. Para Chalmers (1994), deve-se dar atenção especial para as origens sociais do conhecimento científico. Uma forma de construir argumentos acerca do conhecimento científico é compreender a explicação de algum “produto” de conhecimento elaborado. Assim, fazer análises das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade contribui para uma explicação sociológica das origens do conhecimento científico, muitas vezes, recomendável para o entendimento deste.

Castro e Carvalho (1992) salientam o fato de que embora a história da ciência esteja quase sempre ausente na formação do professor, ela é extremamente relevante, para a compreensão da ciência como um recorte da realidade que se relaciona com outras atividades humanas. O professor ao conhecer os obstáculos pelos quais os cientistas passaram ao longo do desenvolvimento das ideias, poderá não subestimar mais as dificuldades de seus alunos, e abandonar de vez a ilusão de que é possível transmitir informações que seus alunos compreenderão. Outro aspecto relevante colocado pelas autoras é que a interdisciplinaridade acaba por ser inevitável, quando se aborda a história da ciência.

A biologia, assim como outras ciências, é uma construção social que possui critérios coletivos e diferentes nas suas subáreas. A importância, para o estudante, de um novo conceito, não depende apenas da ideia em si, mas da relação deste com conceitos adquiridos anteriormente. Todo saber científico deve ser reconstruído a cada momento, pois as demonstrações epistemológicas fazem mais sentido se forem desenvolvidas no âmbito de problemas particulares¹⁰. O ser humano aperfeiçoa-se na medida em que pode ligar o seu ponto de vista a concepções anteriores.

A apropriação da epistemologia contemporânea que vem sendo feita pela comunidade de pesquisa em educação em ciências surge, em parte, com a intenção de se buscar estratégias para desmistificar, retificar ou possibilitar o entendimento dos alunos, não só da educação básica e ensino médio como também dos cursos de graduação, acerca do processo de construção do conhecimento científico. Para Trindade e Rezende (2007), o

¹⁰ Problemas particulares são recortes de situações presentes no cotidiano do aluno.

pensamento de Bachelard se apresenta como uma possibilidade de perspectiva epistemológica contemporânea justamente porque rompe com a segurança de alcançar o verdadeiro conhecimento pelo simples cumprimento do método científico, mostrando que o novo espírito científico se apóia em um racionalismo dialético e constituído pela dúvida. A partir de sua abordagem, pode-se constatar uma ruptura no entendimento da forma de fazer ciência, na qual a partir do racional busca-se compreender o real, e não mais a partir da realidade experimentada pelos sentidos ou instrumentos de medida, chega-se ao racional, invertendo-se assim a direção do olhar epistemológico.

2.5 Algumas considerações

A articulação entre a epistemologia, a história e o ensino de biologia deve contribuir para a formação de professores que concebam o tratamento dos conhecimentos biológicos articulados com a abordagem didática numa perspectiva epistemológica que pressupõe:

- A percepção da biologia como ciência única, em que o enfoque do seu estudo deve priorizar o olhar conceitual;
- A construção da ciência biologia como processo dinâmico, em que seus problemas históricos possuem soluções interdisciplinares, e são construções coletivas;
- O desenvolvimento de estratégias de ensino que partam de conceitos biológicos problematizados, em direção a questões cotidianas estabelecendo filiações conceituais, ao possibilitar a sua (res)significação;
- A compreensão de que o ensino de biologia tem pouco sentido se for trabalhado em sala de aula de forma fragmentada, sem evidenciar os caminhos metodológicos adotados para o estudo de um determinado fenômeno biológico em diferentes subáreas do conhecimento biológico;
- Os caminhos conceituais como possibilidades transitórias, como um conhecimento sempre aproximado, com caixas-pretas que podem ser abertas para o alargamento do pensamento científico.

Acredita-se que o trabalho com a história da ciência pode se tornar uma ferramenta importante para auxiliar o estudante não só na compreensão dos fenômenos estudados na biologia, mas principalmente uma forma de possibilitar o entendimento de

que o conhecimento pode ser relacionado, e que o reducionismo instaurado nas disciplinas é meras organização de estudo, podendo, com algum esforço, estabelecer ligações interdisciplinares, tendo ciência, que por vezes, há a necessidade de recortes para a realização de estudos. O professor ao conceber que não existe uma única verdade, está pronto para vivenciar e exercitar o espírito científico, admitindo o questionamento seus alunos e também possui postura crítica em seu trabalho.

A intenção de uma história da biologia presente nos cursos de formação inicial e continuada de professores, implica um esforço na produção de materiais curriculares que possam fornecer aos professores indicadores a respeito de como trabalhar esta abordagem em suas aulas. Trabalhar com a abordagem histórica no ensino de biologia não significa demonstrar uma filiação contínua na construção do conhecimento, pois as teorias atuais não são necessariamente decorrentes das anteriores. Uma abordagem histórica deve centrar-se nas rupturas epistemológicas (CARNEIRO; GASTAL, 2005), e nos atos epistemológicos relacionando-os com sua (re)construção histórica.

A inserção de entrelaces integradores, envolvendo componentes históricos-epistemológicos-didáticos, em cursos de formação de professores, tem contribuições a dar à melhoria do ensino de ciências e biologia na educação básica. Este entrelace oportuniza ao licenciando, não só a redimensionar a relação conteúdo-professor-aluno em sala de aula, como também, a elaborar ideias que levem a compreensão da dinâmica da produção e da disseminação dos conhecimentos científicos e tecnológicos.

Nesta perspectiva, no próximo capítulo é abordada a construção dos conceitos de genótipo e fenótipo, compreendendo a proposição inicial da teoria genotípica por Johanssen e a abordagem sistêmica do conhecimento biológico. Salienta-se que os fatos científicos não estão sendo tratados de forma cronológica, mas de acordo com uma visão de ciência em que as teorias são construídas a partir de obstáculos e rupturas epistemológicas.

CAPÍTULO 3 – A CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE GENÓTIPO E FENÓTIPO

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 (BONZANINI, 2011; ANDRADE, 2011; LORETO, SEPEL, 2006; 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 de os professores conceber, organizar e desenvolver o ensino. Pesquisas realizadas sobre a percepção de conceitos em genética em diferentes níveis de ensino apontaram uma incipiente compreensão destes. Schneider et alli (2011) realizaram investigação acerca do conceito de gene em professores formadores da Licenciatura em Ciências Biológicas, e evidenciaram, na maioria das vezes, uma visão molecular clássica. 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 de genética é essencial para a compreensão das novas tecnologias e avanços desta ciência.

Os conceitos de genótipo e fenótipo são definições que permeiam o universo acadêmico e escolar. Como conceitos científicos: genótipo, fenótipo e suas relações de transformação, tanto influenciam representações científicas e o modo como são cultural e socialmente apreendidas, como dimensionam a construção do modo como os seres humanos concebem o fenômeno da vida. Emmeche e El-Hani (2000) salientam que para definir vida um dos requisitos é a universalidade, e dentro desta está algum tipo de metabolismo e alguma forma de memória genética, que se refere ao genótipo e um fenótipo.

A delimitação conceitual do genótipo e do fenótipo foi proposta inicialmente por Wilhelm Ludwig Johannsen (1857–1927)¹¹ (Figura 2) em sua teoria genotípica em 1909, promovendo uma tentativa de distinguir entre as características aparentes de um organismo e os elementos que são herdáveis na constituição do mesmo.

¹¹ A abordagem histórica da teoria genotípica proposta por Johannsen foi publicada originalmente em Justina et alli (2010a).



Figura 2 - W. L. Johannsen. Fonte: Rozanski's home page/ <http://www.rozanski.gower.pl/mendelizm2002.htm>

A visão tradicional das relações inerentes ao sistema genótipo-fenótipo se baseia na idéia de que os seres vivos são considerados como produtos da interação entre genótipo e fenótipo, sendo o genótipo considerado o conjunto de genes e o fenótipo considerado a expressão de características no organismo decorrente da relação entre seus genes e o ambiente. Nesta perspectiva, o organismo é fruto passivo da interação entre seus genes e o ambiente no qual se encontra. Esta idéia está presente em livros utilizados na formação de biólogos licenciados como, por exemplo, em Griffith et alli (2002).

Neste sentido os conceitos de genótipo e fenótipo se aproximam do conceito molecular clássico de gene, e que embora reconheçam a existência de íntrons e de certa complexidade genética nos organismos, não rompem com a visão tradicional no qual a informação genética segue da molécula de DNA para o RNA, e deste para a tradução em um ou mais polipeptídeos. Como afirmam Oyama, Griffiths e Gray (2001) na visão dos genes como praticamente inerentes as moléculas de DNA, o desenvolvimento orgânico se resume a interações entre DNA e ambiente externo, configurando-se em dois tipos de reducionismo: um DNA-centrismo e um reducionismo ambiental¹². Essa dicotomia entre gene (no caso uma visão de gene centrada no DNA) e ambiente não expressa as formas de desenvolvimento do organismo e nem a multiplicidade de fatores envolvidos no mesmo, sendo inadequada para tratar aspectos da ontogenia e filogenia.

¹² O reducionismo ambiental é quando se considera a análise restrita ao meio externo ao organismo, considerando-o determinante de tudo, desconsiderando a influência de outros fatores, como do próprio DNA.

Entretanto, nas últimas décadas, os avanços ocorridos na genética foram surpreendentes, em que a utilização de diversas e novas ferramentas possibilitou um melhor entendimento a respeito da interação do ambiente com os genes no desenvolvimento das características. Porém, a ênfase que as pesquisas genômicas oferecem aos fatores genéticos, privilegiando as explicações genéticas para saúde, doenças e comportamentos, parece desencadear um novo tipo de determinismo genético, mais tímido e sutil, do que o dogma central (um gene = uma proteína). Existem muitas controvérsias nesse campo, há os que defendem que as características humanas são resultado de complexas interações entre genes e ambiente, mas não há unanimidade em falas e ações de geneticistas e nem de epistemólogos da biologia.

Privilegiar o estudo do conceito implica valorizar a ciência como processo, objetiva-se neste capítulo discutir elementos da epistemologia histórica da rede conceitual da relação entre genótipo e fenótipo – de sua proposição inicial a uma perspectiva contemporânea. Inicia-se com uma breve discussão histórica acerca da ciência da herança genética, com enfoque no início do século XX. Após apresenta-se de forma contextualizada a proposição da teoria genotípica por Johannsen. Em seguida, centra-se na discussão conceitual da relação entre genótipo e fenótipo, enfatizando as discussões contemporâneas desses conceitos à luz da biologia sistêmica.

3.1 A genética no início do século XX

Na primeira década do século XX havia uma preocupação em relação às variações presentes entre os indivíduos de uma população e o papel das mesmas nos processos evolutivos (FALCONER, 1992; MARTINS, 2007). Os estudos sobre as variações partiam das contribuições de Darwin, mas adotaram diferentes linhas de investigação, como destaca Martins (2007), grande parte dos estudiosos da primeira década do século XX, embora possuíssem diferentes abordagens da evolução e a hereditariedade, consideravam-se como sendo seguidores de Darwin. Entre os diferentes estudiosos da genética no início do século XX, podem-se apontar dois tipos de defesa sobre a forma de ocorrência das variações: contínuas e descontínuas.

A visão de que a variação na hereditariedade era contínua foi defendida, por exemplo, pelos biometricistas, Karl Pearson (1857-1936) e Walter Frank Raphael Weldon (1860-1906) que reivindicavam a existência de um espectro contínuo de pequenas

variações (ROLL-HANSEN, 1978). Biometricistas, como Pearson e Weldon, argumentavam que a seleção de variações contínuas poderia alterar a média de uma população dentro de poucas gerações, permitindo o aparecimento gradual de novas características populacionais (KIM, 1991).

Por outro lado, alguns estudiosos reivindicavam a variação descontínua da hereditariedade, ou seja, que no geral, os elementos da herança biológica permaneciam sem mudanças ao longo das gerações, sendo as diferenças hereditárias decorrentes da recombinação ou de mudanças espontâneas nos elementos hereditários (ROLL-HANSEN, 1978). Entre os estudiosos que apoiavam essa última visão, chamados de mendelianos e mutacionistas, estavam Willian Bateson (1861-1926) e Hugo de Vries (1848-1935) (FALCONER, 1992; ROLL-HANSEN, 1989; ARAÚJO, 2001). Bateson e de Vries distinguiam dois tipos de variação: flutuante e mutações. Para eles, as variações flutuantes ocorriam devido à influência do ambiente, não sendo herdadas pela prole e, portanto, não tendo qualquer significado evolutivo. Já as variações por mutação no “material herdado”, ocorriam por fatores externos e poderiam ser transmitidas a prole (KIM, 1991). Neste contexto, o trabalho de Johannsen com plantas foi fundamental ao compatibilizar ideias do mendelismo, com os resultados para distribuições contínuas (por exemplo: variações de tamanho), típicas da análise da biometria. Assim, com seu trabalho com linhagens puras de feijão cultivadas em diferentes condições ambientais, demonstrou serem dois fatores responsáveis pelas características, como o tamanho, de um indivíduo: genótipo e ambiente.

Para designar as unidades de herança, alguns termos e conceitos foram utilizados, tais como, o termo pangenes, utilizado por de Vries, como caráter elementar ou unitário, não estabelecendo uma diferença entre o material genético e o corpo (fenótipo). Segundo sua teoria os pangenes passavam livremente do núcleo para o citoplasma (MAYR, 1998). O mendeliano Bateson (Figura 3), que trocou ideias com Johannsen, utilizou o termo fatores e também para ele não havia distinção entre o caráter somático e o seu determinante no gameta (MARTINS, 1999). Já o biometricista Francis Galton (1822-1911) usava o termo estirpe o qual definia como a soma de todos os germes presentes no ovo fertilizado. O resultado final, seria um organismo constituído de um enorme conjunto de células quase-independentes, cada uma desenvolvida de um germe separado na estirpe (DEL CONT, 2008).



Figura 3 - W. L. Johannsen e W. Bateson. Fonte: <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de>

Segundo Roll-Hansen (1978), muito da confusão no debate entre biometricistas e mendelianos resultou da ausência de uma distinção clara entre as características e os fatores hereditários que a determinam. Nesse contexto, os trabalhos desenvolvidos por Johannsen indicaram que os caracteres (fenótipo) variam continuamente, mas a hereditariedade (genótipo) varia descontinuamente. Embora as ideias biométricas perdessem força pelo desenvolvimento das ideias mendelianas, as técnicas matemáticas desenvolvidas pelos biometricistas contribuíram para o desenvolvimento da genética.

No início do século XX, ao mesmo tempo em que as ideias de Johannsen estavam sendo propostas, pesquisadores que defendiam uma herança particulada, buscavam associar os fatores mendelianos da herança ao movimento observado nos cromossomos. A teoria cromossômica da herança é corroborada por trabalhos de Thomas Hunt Morgan e colaboradores, entre 1910 e 1915, sobre hereditariedade em drosófilas, no qual além de estabelecer evidências para a hipótese cromossômica são construídos os primeiros mapas indicando a localização e distância entre genes (MARTINS, 1998). Estes trabalhos estabelecem de maneira mais forte a relação entre os genes (correspondendo aos fatores mendelianos de herança) e as estruturas cromossômicas. O gene, portanto, passa a se localizar no cromossomo. O estabelecimento de um local para a herança e a idéia associada de que estes locais regulam as características dos indivíduos, permitiu a

passagem da visão da herança como algo processual e dinâmico para algo localizado, tornando o “controle” do organismo centralizado.

Outra discussão associada à qualidade das variações nos processos hereditários ocorria entre pesquisadores que defendiam uma postura físico-química da herança, entre eles Johannsen, em sua teoria da herança genotípica.

A constituição genotípica de um gameta ou de um zigoto pode ser comparada a uma estrutura complexa físico-química. Esta reage exclusivamente em consequência do que seu estado atual detectou, mas não em consequência da história de sua criação. Por isso, ela depende da constituição genotípica de gametas e zigotos: a sua história é, sem influência sobre as suas reações, que são determinadas exclusivamente pela sua própria natureza. O genótipo - é assim uma concepção "a-histórica" das ações dos seres vivos - naturalmente só na medida em que a hereditariedade é a verdadeira causa. Esta opinião é uma analogia ao ponto de vista químico, como já referido; Química não tem nenhum comprometimento ante-agir, H_2O é sempre H_2O , e reage sempre da mesma forma, que pode ser a "história" da sua formação ou os estados mais anteriores dos seus elementos (JOHANNSEN, 1911, p. 139).

Neste panorama, Johannsen recorria à analogia como a molécula de água para explicar a herança em termos físico-químicos, referindo-se que o “material herdado” era o mesmo, mas dependeria das “reações” inerentes a cada indivíduo.

3.2 A teoria da herança genotípica

Considerando a importância de se identificar a proposição de conceitos da área de genética e seu contexto de inserção, busca-se apontar o desenvolvimento de aspectos do pensamento de Johannsen que o levaram a propor os termos e desenvolver os conceitos de: gene, genótipo e fenótipo, desenvolvendo uma teoria genotípica da herança. Para o desenvolvimento do trabalho analisamos o artigo: *The genotype conception of heredity* (Concepção genotípica da hereditariedade), publicado em 1911, e discussões referentes à obra de Wilhelm Ludwig Johannsen presentes na literatura. Dessa forma, destaca-se o trabalho experimental de Johannsen relacionado à genética de plantas.

Na seqüência é apresentada a herança genotípica proposta por Johannsen bem como algumas de suas modificações e implicações no período de 1909-1926.

3.2.1 Experimentos com linhas puras de Johannsen

Johannsen, em 1881, foi nomeado assistente no *Laboratory Carlsberg* em Copenhague, no qual iniciou seus trabalhos na seção de Química, utilizando métodos analíticos para estudar processos metabólicos relacionados à maturação e germinação em plantas, principalmente de cevada. Em 1887, Johannsen deixou o *Laboratory Carlsberg* para trabalhar no *Royal Veterinary and Agricultural College*, uma posição que manteve até que foi nomeado professor de botânica na Universidade de Copenhague em 1905 (ROLL-HANSEN, 2005).

Em sua trajetória experimental, Johannsen desenvolveu em 1902 e 1903 seus experimentos com linhas puras de sementes de feijão *Phaseolus vulgaris* (proles produzidas por um único indivíduo autofecundado), pois acreditava que estas linhas puras representariam o caso mais simples de hereditariedade e que se fossem entendidas uma teoria geral poderia ser proposta (ARAÚJO, 2001).

Uma das influências na utilização de experimentos com linhas puras por Johannsen pode ter sido os trabalhos da estação experimental de Svalöf, uma sociedade privada para a melhoria de sementes na agricultura. Esta estação, fundada em 1866, concentrava o cultivo de cereais autofecundantes, tais como: trigo, cevada e aveia (ROLL-HANSEN, 1978). O próprio Johannsen, em um artigo de 1903, reconhece os créditos de Svalöf na antecipação de suas próprias descobertas, apontando que Hjalmar Nilsson (1873-1949) já em 1892 afirmava que “os tipos biológicos independentes (*formtypus*) são constantes, mesmo uma seleção continua não leva ao deslocamento do tipo” (JOHANNSEN, 1903, apud ROLL-HANSEN, 1978).

A importância dos trabalhos desenvolvido em Svalöf nos trabalhos de Johannsen pode ser maior do que apontado em seu artigo. Nilsson descreveu em 15 de outubro de 1900 em um discurso na *The Royal Swedish Academy of Agricultural Science* os novos métodos de reprodução de sementes que incluíam a multiplicação de sementes provindas de um mesmo indivíduo. Em 1892, Nilsson havia apontado que muitas variedades importantes de cereais eram obtidas mediante a observação, seleção e multiplicação das variações espontâneas notáveis. Até então, Nilsson não tinha observado a importância da seleção em linhas provindas de uma única planta. No entanto, ao elaborar os experimentos baseados na idéia de seleção e multiplicação de variáveis notáveis percebeu que as formas mais recentes possuíam menos variáveis que as antigas, notando que uma parcela das plantas novas observadas em seus experimentos apresentava uma

uniformidade excepcional. Voltando aos seus registros, Nilsson descobriu que as plantas que apresentavam esta uniformidade se originaram de um único indivíduo autofecundante e não da reprodução cruzada entre plantas. O que aconteceu foi que parte das sementes teve dificuldade em se desenvolver na plantação de linhas diferentes no mesmo local e foi plantada a linha pura em separado, o que seria uma falha no experimento, acabou levando a percepção de uma uniformidade na herança de descendentes de um único indivíduo (ROLL-HANSEN, 1978).

Os experimentos com linhas puras de feijão permitiram que Johannsen observasse que cada linha era caracterizada por um valor médio de tamanho, mas possuía uma variação que seguia uma curva Gaussiana, indicando a presença de fatores não herdáveis no tamanho das sementes individuais (WANSCHIER, 1975). Ele realizou dois tipos de experimentos. Em um deles, foram selecionadas as maiores sementes de uma mesma linha de indivíduos (produzidos por autofecundação de um mesmo indivíduo), levando a conclusão que a média de tamanho dos descendentes não era maior que a média da linha pura do qual se originaram. Desse experimento foi possível perceber que não ocorria nem regressão (uma tendência ao retorno à média da população de sementes de feijão de diferentes indivíduos, ou seja, não provindo de uma linha pura) e nem influência da seleção (pois a média de altura de uma mesma linha não aumentava nos descendentes) (WANSCHIER, 1975). Em outro experimento, Johannsen simula uma população misturando sementes de diferentes linhas puras e selecionando as maiores. Concluindo nesse caso, que os descendentes desses cruzamentos apresentavam sementes maiores que a média da população, mas com uma tendência em direção à média. A partir desses experimentos Johannsen chega à conclusão que hereditariedade e ambiente são os dois principais fatores da variação. Mayr (1998) salienta que a experiência com feijão demonstrou que os genótipos das sementes de uma linha pura eram os mesmos, enquanto as diferenças verificadas eram respostas às condições ambientais. Dessa forma, se o fenótipo é resultado de uma interação entre o genótipo e o ambiente, ele não pode ser considerado uma representação exata do genótipo.

Assim, a partir de sua experiência, Johannsen constatou que, em contraste com o argumento biométrico, a seleção dentro de uma linha pura foi totalmente ineficaz. Demonstrou que os genótipos são estáveis, e não estão em um estado de "mudança contínua", como os biometricistas argumentavam (KIM, 1991).

Algumas evidências a favor dos resultados de Johannsen vieram dos trabalhos de Herbert Spencer Jennings (1868–1947) com o protozoário *Paramecium* e de Raymond

Pearl (1879–1940) com aves domésticas. Estes trabalhos estabeleceram entre os anos de 1906 e 1908 que a seleção não era efetiva em linhas puras, sendo muito citados para apoiar os resultados de Johannsen. Assim, em 1910, poucos cientistas defendiam o oposto (PROVINE, 1971, apud ARAÚJO, 2001).

3.2.2 A proposição dos conceitos de genótipo e fenótipo

De seus experimentos de seleção em linhagens puras de feijão, Johannsen compreendeu que a medida da aparência de qualquer indivíduo encontrava-se em duas causas: hereditariedade e ambiente (WANSCHIER, 1975). Com os resultados dos experimentos e de seus estudos, Johannsen sente necessidade de propor novos termos e conceitos relacionados aos fatores que promovem a variação. Johannsen propõe originalmente a teoria da herança genotípica em seu livro *Elemente der exakten erblichkeitslehre* (Elementos exatos da hereditariedade genética), publicado em 1909, o qual foi reeditado em 1913 e 1926.

Conforme indica Mayr (1998), antes de 1909 não havia um termo aceito de modo geral para designar o fator genético que subsistia num determinado caráter visível. Os pesquisadores especulavam sobre a existência de certos corpúsculos com qualidades variáveis, mas os nomes que lhes deram não tinham grande aceitação. Dessa forma, Johannsen (1911, p. 129) no início de seu artigo *The genotype conception of heredity* discute que os termos: herança e hereditariedade são muito gerais, estando vinculados tanto à linguagem cotidiana como no conhecimento biológico à ideia de transmissão. Para o autor, a visão da herança biológica como um ato de transmissão de qualidades individuais dos pais ou ancestrais mais remotos à prole é uma das ideias mais antigas e simples sobre hereditariedade, sendo encontrada desde Hipócrates até Darwin (teoria da pangênese), incluindo Lamarck (herança dos caracteres adquiridos) e as definições biométricas de hereditariedade. No entanto, Johannsen ressalta que esta visão não aprofunda a questão da hereditariedade, afirmando que:

As qualidades pessoais de qualquer organismo individual não comportam toda a causa das qualidades de sua descendência; mas as qualidades de ancestrais e descendentes são de certa maneira bastante determinadas pela natureza das “substâncias sexuais” - isto é, os gametas - dos quais elas tem se desenvolvido. Qualidades pessoais são

então as reações dos gametas unidos para formar um zigoto; mas a natureza dos gametas não é determinada pelas qualidades pessoais dos pais e ancestrais em questão. Esta é uma moderna visão de hereditariedade (JOHANNSEN, 1911, p.130).

Esta visão moderna de hereditariedade não correspondia, portanto, nem às ideias antigas, nem às visões de alguns pesquisadores da época, tais como Galton, o qual sugeria a existência de elementos que corresponderiam a diferentes órgãos ou grupos de tecidos do desenvolvimento do embrião, e August Friedrich Leopold Weismann (1834-1914), quando indicava a existência de partículas discretas dos cromossomos como portadoras de funções organizativas no mecanismo ontogenético. Dessa forma, o autor, procurando evitar termos que poderiam confundir o sentido de suas discussões com ideias antigas ou as quais não apoiava, sente necessidade de propor uma nova terminologia que fosse adequada aos conceitos que ele desenvolveu sobre a hereditariedade.

Quanto à natureza dos "genes" não é de valor propor alguma hipótese, mas a noção de "gene" abrange uma realidade que é evidente a partir do Mendelismo. Os mendelianos têm o grande mérito de serem prudentes em suas especulações. Em completo acordo com essa limitação – uma reação natural contra a especulação morfológica fantástica da escola de Weismann – poderia ser enfaticamente recomendado o uso do termo adjetivo genotípico ao invés do nome genótipo. Nós não conhecemos um "genótipo", mas somos capazes de demonstrar diferenças ou semelhanças genotípicas. Utilizados desta maneira, os termos "gene" e "genótipo" não seriam prejudiciais (JOHANNSEN, 1911, p. 133).

Percebe-se que Johanssen (1911) não faz uma definição estrutural de gene, ele apenas recomenda que o termo gene deva ser usado como uma espécie de unidade de cálculo, de forma alguma como uma estrutura morfológica, como o cromossomo. Assim, uma das dificuldades na utilização da palavra “genótipo” seria o entendimento da existência de estruturas morfológicas relacionada a este, como a estrutura cromossômica. Entende-se, portanto, a recomendação da utilização de termos como semelhança ou diferenças genotípicas, que não individualizam o genótipo ou genes como estruturas morfológicas, não recorrendo no erro de criar uma teoria especulativa.

[...] vou propor os termos "gene" e "genótipo" e mais alguns termos, como "fenótipo" e "biótipo", a serem utilizados na ciência da genética. O "gene" é uma palavra muito pouco aplicável, facilmente combinado com outros, e, portanto, pode ser útil como uma expressão para a "unidade de fatores", "elementos" ou "alelomorfos" nos gametas,

utilizadas por modernos pesquisadores mendelianos. O "genótipo" é a soma de todos os "genes", em um gameta ou em um zigoto [...] Todas as características de organismos, distinguíveis por inspeção direta da aparência ou por descrição dos métodos de medição, poderão ser caracterizadas como "fenótipo" (JOHANNSEN, 1911, p. 132-133).

A palavra “fenótipo” está relacionada às características aparentes de um organismo. Johannsen (1911) ilustra essa ideia ao observar organismos com suposta constituição genotípica idêntica, desenvolvidos sob condições ambientais distintas. Com esse exemplo, ele indica que não seria possível pela simples observação decidir se os organismos observados, por mais semelhanças que tivessem entre si, possuem ou não a mesma constituição genotípica. Desse exemplo, se destaca o sentido do termo fenótipo indicado pelo autor como todo tipo de organismos distinguíveis pela inspeção direta ou por métodos finos de medida e descrição, pode ser caracterizado como fenótipo. Ao contrapor ao genótipo, Johannsen afirma que “*Certamente fenótipos são coisas reais*”, enquanto que no que tange ao genótipo estipular a sua localização ou descrevê-lo precisamente seria do campo meramente especulativo, o fenótipo poderia ser medido e descrito (JOHANNSEN, 1911, p. 134).

O termo gene tem raiz da palavra grega *gennao* referente à raça, tendo sua proposição por Johannsen relacionada ao “elemento” de Gregor Mendel (1822-1884). Quanto ao termo fenótipo, publicado em 1909 pela primeira vez, é derivado da palavra grega *phain-omai*, aparecer, e *typos*, tipo (WANSCHER, 1975). De acordo com Wanschier (1975, p.126), “o fenótipo não pode ser compreendido como o próprio organismo, mas como sua aparência abstrata ou descrição de como se pode vê-lo, medi-lo ou lembrá-lo”. Assim, o fenótipo se reporta a aparência do organismo em todas as fases de seu desenvolvimento sob a influência do ambiente. O fenótipo apesar de poder ser medido e descrito é uma realidade abstrata, pois não se refere ao próprio organismo, mas a sua descrição sob o olhar de quem o faz. O mais complicado dos termos criados por Johannsen foi o de genótipo, cunhado em 1909, como contrapartida para a palavra fenótipo – mas não definido ainda nesse ano. O termo genótipo é definido nas publicações subsequentes (1911, 1913, 1917 e 1926), cada vez de forma diferente.

Embora o estudo sobre os cromossomos fosse promissor no início do século XX, havia muita relutância entre os geneticistas em aceitar essa nova interpretação das leis da hereditariedade (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004). Somente, mais tarde, Morgan e equipe puderam determinar a localização de vários genes nos cromossomos de

moscas, publicando, em 1915, o livro *O mecanismo da hereditariedade mendeliana*, no qual estabelecem os genes como regiões do cromossomo responsáveis pelas características inatas de um determinado organismo (MARTINS, 1999).

Segundo Roll-Hansen (1978, p. 202-203), a teoria genotípica de Johanssen inclui uma visão realista dos fatores hereditários, pois embora não fossem acessíveis à observação direta, o genótipo e os genes realmente existem no organismo, agindo juntamente aos fatores ambientais a ao estado inicial do organismo na determinação do desenvolvimento. No entanto, a oposição de Johanssen à teoria cromossômica da herança ocorria por seu conceito de gene ser realístico, mas não mecanicista. Johanssen, portanto, adotou a visão da teoria fisioquímica ou fisiológica da herança, sendo um crítico das ideias citológicas e morfológicas sobre a base física da herança. Ele aceitou que a hereditariedade está baseada em processos e reações físico-químicos e foi nesse sentido um reducionista, mas ele se opôs a idéia de que a análise citológica pudesse levar a identificação do gene como uma parte separável da célula. Johanssen era favorável à chamada concepção dinâmica dos fatores hereditários, sendo estes processos estáveis no organismo, na célula, ou em partes da célula.

Para Müller-Wille (2007), durante toda a carreira Johanssen astutamente resistiu à tentação para identificar genes ou genótipos como qualquer parte ou partícula do organismo, mesmo quando a escola de Morgan atingiu seus triunfos pelo sucesso de mapeamento de genes nos cromossomos. Para ele, o genótipo não era localizado no corpo do organismo, assim como hidrogênio e oxigênio não eram localizados em um corpo de água. Dessa forma, da mesma maneira que elementos eram quimicamente definidos pelas suas reações na formação de compostos, os genótipos eram definidos pelas reações nos quais eram submetidos quando inseridos em um zigoto.

3.2.3 Desenvolvimento do pensamento de Johanssen

Entre 1909 e 1926, Johanssen mudou seu pensamento, provavelmente influenciado pelos muitos resultados do mendelismo. No entanto, durante esse período o conceito de gene permaneceu como unidade de cálculo, sem ligação aos cromossomos, e o fenótipo continuou a ser entendido como a aparência do indivíduo nas várias etapas do desenvolvimento. O conceito no qual ocorreram alterações foi o de genótipo (Quadro 1).

Em 1909, Johannsen não é capaz de dar uma definição consistente para genótipo. Ele parece hesitar, declarando que a nova palavra apenas raramente poderia ser usada como um substantivo, porque o “genótipo não tinha uma pura aparência”. Destas palavras, entende-se que Johannsen ao mesmo tempo significa que o genótipo aparecia, mas não de forma pura e distinguível. De acordo com Wanschier (1975), pode-se inferir que ele considerava o genótipo como parte do fenótipo. Johannsen, por outro lado, declarou que a forma adjetiva do termo poderia ser útil, por exemplo, diferenças genotípicas. Esta expressão poderia ser pensada como fazendo referência às diferenças fenotípicas de origem genética como opostas as diferenças induzidas ambientalmente. Mas as palavras poderiam aludir à base hereditária diretamente, colocando como definição: “a parte hereditária do fenótipo” correspondendo melhor à experiência de seu trabalho com linhagens puras.

Quadro 1 - Construção do conceito de genótipo na obra de Johannsen, com base no exposto por Wanschier (1975).

Ano(s)	Conceito de genótipo
1909	Abstrato, efeito e ao nível do organismo (referente às diferenças entre fenótipos que são causadas por herança, portanto a hereditariedade é vista como parte do fenótipo).
1911, 1913	Concreto, causal e ao nível dos genes (a soma de todos os genes).
1917	Abstrato, causal e ao nível dos genes (a norma para o desenvolvimento e reação)
1926	Abstrato, causal e relacionado ao organismo (a constituição fundamental do organismo, sendo o organismo entendido como produto dessa constituição).

Em 1911 e 1913 o genótipo é exposto como a soma total de todos os genes, portanto, referindo-se a causa (enquanto o genótipo de 1909 referia-se ao efeito). Em 1911 a definição era concreta, mas em 1913, ele toma um caminho parcialmente abstrato: “soma total de todos os genes como constituição fundamental do organismo”. Aqui a “soma de genes” é um conceito concreto, mas “constituição” é abstrato e um tanto vago. No entanto, o genótipo continua a expressar a causa e enfatiza o nível dos genes.

Em 1917 Johannsen expressa sua visão de genótipo como princípio de direção ou “norma de reação”, sendo esta uma definição abstrata, ressaltando o papel causal do genótipo. Em 1926, Johannsen expressa o conceito de genótipo de maneira completamente abstrata, deixando de lado o conceito de “soma dos genes” e mantendo a idéia de genótipo como “constituição fundamental do organismo” (WANSCHIER, 1975).

O conceito de genótipo foi compreendido de diversas formas por Johannsen, no entanto, a definição de 1911/1913 é a mais frequentemente encontrada em dicionários e livros didáticos, sendo que o conceito de genótipo é ainda atualmente entendido por outros geneticistas como a “soma de todos os genes”, embora em um outro enquadramento conceitual. Percebe-se também que o conceito de genótipo na obra de Johannsen passa de um conceito abstrato para um concreto para novamente retornar a um conceito abstrato. Porém, o conceito que acaba perdurando é o concreto “soma de todos os genes”, possivelmente por ser mais facilmente associado ao decorrente desenvolvimento da genética.

3.2.4 Repercussões da teoria genotípica

A teoria da linha pura e conseqüentemente a teoria genotípica e a genética mendeliana foram gradativamente aceitas pela comunidade biológica no início do século XX. Experimentadores por meio de suas práticas com diferentes organismos tiveram evidências da validade das ideias de Johannsen, como foi o caso do americano George Morrison Shull, um biometricista, que ao fazer experiências com milho, no período de 1904 a 1911, constata que seus resultados correspondem aos propostos por Johannsen e adere à genética mendeliana (KIM, 1991). Uma grande parte dos resultados experimentais que corroboraram as ideias defendidas por Johannsen, foi fornecida pelos criadores de animais e cultivadores de plantas, cujo interesse principal foi o de melhorar a produção agrícola.

Assim como com a genética mendeliana, houve resistências por parte de alguns pesquisadores da época como o biometricista Pearson, que em um trabalho publicado em 1910, ataca os biólogos que aceitam a teoria da linhagem pura de Johannsen. No caso de Pearson, conforme relata detalhadamente Kim (1991), ele excluía os colaboradores da revista *Biometrika* que aderiam às ideias de Johannsen, como foi o caso de Shull.

A distinção entre genótipo e fenótipo revolucionou a ciência da hereditariedade, promovendo uma posição de autonomia e autoridade da genética no que diz respeito às outras ciências da vida. Os historiadores da ciência, tais como Jan Sapp, têm sugerido que a distinção genótipo e fenótipo desempenhou um papel estratégico na virada do século nos concursos de autoridade entre as disciplinas de hereditariedade, embriologia e desenvolvimento biológico. Antes da distinção de Johannsen, a hereditariedade era o

resultado de vários processos biológicos e tinha seus estudos e experimentos compartilhados com vários domínios do saber biológico como a citologia, embriologia, fisiologia, reprodução, biometria e história natural (GUDDING, 1996). Johannsen foi capaz de contribuir, por meio da diferenciação entre genótipo e expressão deste, e de mostrar que os genes não variam em caracteres da mesma forma que os organismos, para o estabelecimento da base de causalidade biológica e a genética como um dos princípios fundamentais da biologia.

A construção do conhecimento em genética pode ser considerada, nos termos de Darden (1991) como um processo autocorretivo, e em especial a teoria da herança genotípica, a qual passou por três fases no período de 1909 a 1926. Esta teoria, inicialmente foi construída por Johannsen, que partiu de suas experiências com linhagens puras e seu vasto conhecimento da genética da época. Após sua proposição inicial em 1909 é avaliada e reconstruída por Johannsen em anos posteriores considerando os avanços da genética mendeliana e também pela testagem de linhagens puras por vários experimentadores. Já a modificação mais significativa da teoria ocorre com o enfoque do arranjo linear dos genes no cromossomo, em que se aceita a localização física do gene nos cromossomos de drosófilas pela escola de Morgan.

Quanto ao conceito de genótipo mesmo no contexto de sua proposição por Johannsen assumiu diferentes significados, no decorrer do período de 1909-1926, passando de um conceito abstrato de natureza instrumental, proposto para expressar a regularidade da transmissão de caracteres fenotípicos em cruzamentos, para possíveis entidades materiais, reais que corresponderiam aos genes (WANSCHER, 1975), mas que não estariam localizadas nos cromossomos, mas prevalecendo em sua obra a abordagem do genótipo como reações e processos físico-químicos.

No que tange ao conceito de gene, este permaneceu como unidade de cálculo, e o fenótipo continuou a ser entendido como a aparência do indivíduo nas várias etapas do desenvolvimento.

3.2.5 (Re)construção dos conceitos de genótipo e fenótipo

A visão clássica do gene, genótipo e fenótipo prevaleceu durante as décadas de 1910 a 1930 e apresentava o gene como a unidade indivisível de transmissão genética, recombinação genética, mutação genética e função genética. Somente na década de 1940

com a descoberta da recombinação intragênica no início dos anos 1940 levou ao neoclássico conceito do gene, que prevaleceu até a década de 1970. As descobertas da tecnologia do ácido desoxirribonucléico - DNA, no início dos anos 1970, levaram à segunda revolução no conceito do gene. Assim, apesar do fato de que a compreensão da estrutura e organização do material genético ter crescido muito, ainda na atualidade, conforme Portin (2002), o conceito geral do gene e conseqüentemente de genótipo permanece em aberto, sendo adotado de formas diversas pelas diferentes áreas das ciências biológicas.

Os avanços ocorridos na genética em meados do século XX, culminaram na constituição de dogma central da biologia, no qual se afirma que a passagem da informação genética segue do DNA para o RNA (ácido ribonucléico) e daí para as proteínas. Nesse dogma estariam representadas as duas funções primordiais da molécula de DNA: a auto-reprodução das informações genéticas; e a indução da síntese de proteínas que constituem a estrutura dos organismos (WAIZBOART e SOLHA, 2007). Dessa forma, no *conceito molecular clássico de gene*, o gene foi entendido tanto como unidade estrutural quanto como unidade funcional. Como unidade estrutural por ser considerado “um segmento contínuo cuja seqüência de bases codificantes não sofre interrupções; discreto, por ser uma unidade individual que não se sobrepõe a outros genes; com começo e fim bem definidos; e localização constante” (SANTOS e EL-HANI, 2009). Como uma unidade funcional por serem capazes de “produzirem um único polipeptídeo ou um único RNA, que, por sua vez, teria uma função única” (SANTOS e EL-HANI, 2009). Santos e El-Hani (2009) ainda destacam que a inserção de um discurso informacional na biologia acabou configurando o gene como unidade de informação, carregando informações em suas seqüências de base, ou seja, um *conceito informacional de gene*, que é muitas vezes, sobreposto ao conceito molecular clássico.

No início do XXI o conceito molecular clássico de gene encontra-se em discussão, haja vista as diferentes evidências acumuladas nas últimas décadas (genes interrompidos, *splicing* alternativo, transposons, genes superpostos e nidados). No projeto genoma, os dados obtidos no seqüenciamento do genoma tiveram um papel fundamental para apontar as limitações das ideias suscitadas com a definição dos objetivos originais do projeto. O conhecimento das seqüências de DNA não se revelou suficiente para o entendimento de como os organismos se desenvolvem, funcionam e evoluem. Dessa maneira, o projeto genoma acabou intensificando a discussão do conceito de gene, permitindo uma visão mais sistêmica, em que as partes estão relacionadas, ou seja, que o DNA é apenas mais

uma molécula a integrar a complexa rede de relações que constituem o organismo, evidenciando as inconsistências do conceito molecular clássico de gene (SCHNEIDER et alli, 2011).

Com essas evidências surge o conceito de gene molecular processual considerado como um processo, isto é, o curso de eventos que liga DNA e todas as outras entidades relevantes que não estão neste na produção de um polipeptídeo particular. O termo gene nesse sentido é apoiado por processos que são especificados por interações específicas entre o segmento do DNA e entidades não localizadas no DNA, e mecanismos de processamento específicos dos mRNAs resultantes das interações com entidades não localizadas no DNA. Esses processos, em sua ordem temporal específica, resultam na síntese de um polipeptídeo específico. Este conceito de gene é relacional e sempre inclui interações entre o DNA e seu ambiente (desenvolvimento) (NEUMANN-HELD, 2001).

Entretanto, associado à idéia do gene como uma unidade estrutural e funcional estão os conceitos de genótipo e fenótipo que prevaleceram a partir da segunda metade do século XX, entendendo genótipo como um conjunto de genes de um indivíduo e o fenótipo como a interação desse conjunto de genes com o ambiente no qual o organismo se insere, como por exemplo, em Griffith et alli (2002). Percebe-se que na definição que se tornou usual de genótipo e fenótipo, o organismo é considerado um ente passivo fruto da determinação do gene e do ambiente.

Nesse sentido, vários autores têm argumentado que o organismo perdeu seu papel central na biologia devido à crescente ênfase nos aspectos moleculares e ao fato de a teoria evolucionista, em geral, não propor uma explicação clara do organismo (LEWONTIN, 2002; EL-HANI E EMMECHE, 2000; MEGLHIORATTI, EL-HANI e CALDEIRA, 2009). No que tange aos conceitos de genótipo e fenótipo, Gudding (1996) aponta que ao longo da história da genética no século XX o desenvolvimento do organismo foi deixado de fora.

Uma forma de focar a relação genótipo-fenótipo na discussão teórica da biologia é compreender tal relação a partir de uma teoria sistêmica do desenvolvimento, destacando a complexidade e a multiplicidade de fatores envolvidos no desenvolvimento orgânico e o organismo como uma totalidade que age e transforma o seu ambiente.

3.3 Os conceitos de genótipo e fenótipo em uma perspectiva sistêmica¹³

Para desenvolver uma abordagem da relação entre genótipo e fenótipo de acordo com uma teoria sistêmica do desenvolvimento, é importante destacar alguns pressupostos nos quais essa teoria se apóia. Segundo Oyama, Griffiths e Gray (2001) o desenvolvimento orgânico em uma perspectiva sistêmica implica considerar que:

- Há a determinação por múltiplas causas, estando todo traço configurado pela interação de muitos recursos do desenvolvimento, sendo a dicotomia gene e ambiente apenas um dos muitos recursos;
- O significado de qualquer causa é contingente em relação ao restante do sistema;
- A herança é ampliada, considerando que um organismo herda uma ampla variedade de recursos que interagem na construção do ciclo de vida de um organismo;
- O desenvolvimento é entendido como construção dinâmica, pois nenhum traço ou representações de traço são transmitidos nas gerações, ao invés disso, são reconstruídos no desenvolvimento;
- O controle é distribuído, nenhum dos interagentes específicos controla o desenvolvimento;
- A evolução é uma construção, na qual não se entende que organismos ou populações são moldados pelo ambiente, mas que o sistema organismo-ambiente muda ao longo do tempo.

Embora ocorra predominância dos reducionismos DNA-cêntrico e ambiental no entendimento dos seres vivos, essas visões começaram a ser questionadas já na segunda metade do século XX, sendo os debates acentuados no final do mesmo século. Os desafios foram colocados principalmente ao conceito de gene, não sendo possível manter a idéia do gene como uma unidade de estrutura e função devido a uma maior compreensão da dinâmica celular e da expressão gênica e a identificação de processos (*splicing* alternativo, genes interrompidos, edição de mRNA, etc.) que não permitem uma correlação direta entre uma sequência de DNA e um determinado polipeptídeo. Também

¹³ A idéia de conceito de genótipo e fenótipo em uma perspectiva da teoria sistêmica do desenvolvimento biológico foi construída de forma coletiva por Meghioratti, Justina e Caldeira (o artigo que aborda estes conceitos de forma mais detalhada encontra-se em avaliação para publicação em periódico).

no âmbito da teoria da evolução, buscou-se integrar as abordagens da biologia do desenvolvimento, configurando a perspectiva evo-devo.

Esta perspectiva surgiu, dentre outros fatores, da evidência das diferenças entre as alterações genóticas e fenóticas durante o desenvolvimento de um organismo e evolução. No que tange à evolução, no século passado, a correlação direta entre genótipo e fenótipo em aspectos morfológicos, em muitos metazoários levou à noção geral de que a evolução da forma de um organismo é uma consequência da evolução de *programas* genéticos. Como alternativa a essa visão, há a idéia de que a atual relação entre genes e forma é uma condição altamente derivadas, um *produto* da evolução, em vez de sua condição. Na perspectiva evolutiva, anterior à seleção para a canalização de vias bioquímicas de desenvolvimento da estabilização dos fenótipos, a interação dos organismos multicelulares com ambientes físico-químicos, evidenciou a existência de um genoma para várias formas. Estas formas teriam sido geradas por mecanismos epigenéticos, inicialmente processos físicos característicos de um “grupo” de células no desenvolvimento embrionário, materiais quimicamente ativos e, mais tarde, interações indutivas entre os componentes de tecidos do organismo. O conceito de que os mecanismos epigenéticos são os agentes geradores do desenvolvimento do organismo e da origem de caracteres morfológicos ajuda a explicar os resultados que são difíceis de conciliar com o modelo neo-darwinista, por exemplo, a explosão de planos corporais no Cambriano, as origens da inovação morfológica, homologia, e a rápida mudança da forma (NEWMAN; MÜLLER, 2006).

Assim, há a compreensão de que a teoria da evolução deve integrar as teorias do desenvolvimento, existindo uma preocupação em se recuperar o organismo como totalidade, como unidade autônoma que age em seu ambiente, entendendo as interações internas de maneira sistêmica, sendo estas dependentes de uma multiplicidade de fatores.

Na teoria sistêmica do desenvolvimento as diferenças empíricas entre o papel do DNA e outros recursos do desenvolvimento não justificam a distinção metafísica construída sobre eles, ou seja, o DNA é apenas mais um dos recursos que o organismo utiliza no desenvolvimento, não tendo supremacia sobre os outros fatores que interagem no desenvolvimento do organismo (GRIFFITHS; GRAY, 2001). Quanto à questão da herança biológica Jablonka (2001, p. 100) defende como transmissão “todo o processo que leva a regeneração de algum tipo de estado organizado ao longo das gerações. Isto inclui a transferência direta de recursos bem como as atividades que levam a reconstrução de um fenótipo ancestral”.

Nesta concepção de herança biológica, o organismo não recebe todas as características programadas em uma molécula do DNA. Os traços que um organismo exibe são (re)construídos ao longo do desenvolvimento orgânico pela interação de diversos fatores. Os elementos e redes de interações hereditárias (aqueles elementos e redes herdadas ao longo das gerações e que explicam a semelhança de forma em relação às gerações anteriores) presentes na célula ovo funcionam como indicativos do desenvolvimento para o próximo momento. Como apontam Oyama, Griffiths e Gray (2001, p.5), “o caminho pelo qual um organismo se desenvolve funciona como um recurso para seu próprio desenvolvimento futuro”.

Embora os indicativos de desenvolvimento apresentem certa estabilidade (no sentido em que são mantidos pelo menos por algumas gerações), as características expressas pelo organismo ao longo de sua vida estão presentes na célula ovo apenas como potencialidade, necessitando ser (re)construída durante a vida de um organismo. Para Jablonka (2001), os diferentes sistemas de herança, os ciclos de retroalimentação formados entre as atividades dos organismos e seu meio ambiente frequentemente criam condições para a reconstrução de um fenótipo ancestral nas gerações descendentes.

Os recursos herdados, constituindo-se como indicativos do desenvolvimento podem ser de diferentes tipos: sequências de DNA; sistemas estáveis baseados em ciclos de retroalimentação auto-sustentável; estruturas celulares que são usadas como guia, ou molde para a construção de estruturas similares; marcas da cromatina que afetam a expressão gênica; entre outros (JABLONKA, 2001; JABLONKA, LAMB, 2005).

Mediante o entendimento de herança relacionado ao conjunto dos indicativos do desenvolvimento interno ao organismo que se mantém no mesmo e que são herdados ao longo das gerações, Meglhiortti, Justina e Caldeira (artigo em avaliação) definem os conceitos de genótipo e fenótipo. O primeiro é definido como o conjunto de indicativos do desenvolvimento, internos ao organismo que permitem a construção do mesmo em caminhos de natureza físico-química que ele se assemelhe às gerações anteriores. Já o fenótipo como o conjunto de características aparentes 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 meio.

Entre, outros conceitos importantes para entender a rede conceitual que envolve a relação genótipo e fenótipo estão os ruídos do desenvolvimento que se referem a fatores

aleatórios do desenvolvimento. Também a herança ambiental relativa aos aspectos do ambiente (físico, químico e interações com outros seres vivos) que permitem a produção de determinados comportamentos e/ ou modos de vida que se matém ao longo das gerações.

Aos considerar as ideias de Waddington o genótipo tem significado evolutivo, ao ser flexível em seu desenvolvimento, permitindo fenótipos morfológicos e comportamentais diferentes (BELLINI, 2008). O fenótipo, por sua vez, depende das relações entre o organismo em seu desenvolvimento e seu meio interno e externo, há, portanto uma sucessão de fenótipos ao longo da vida do organismo em que o fenótipo atual resulta da interação do fenótipo anterior com o meio.

Dessa forma, na perspectiva da teoria sistêmica do desenvolvimento orgânico, apresentam-se possíveis respostas ao problema apontado por Johannsen, no início do século XX, em sua teoria genotípica no qual o gene, e consequentemente o genótipo, não poderia estar associado a uma unidade corpuscular. Assim, rompe-se com a idéia do dogma central da biologia, no qual o gene e genótipo são associados estritamente ao DNA e passa-se a concebê-los em termos de indicativos que são herdados, compreendendo as “reações e processos físico-químicos” referidos por Johannsen em sua teoria. Esse é um exemplo de ruptura e descontinuidade na história da biologia, conforme a epistemologia bachelardiana. Constitui-se em episódio histórico, com um problema científico explícito, com potencial de ser incluído em estratégias de ensino que objetivem a compreensão da natureza da ciência e também de conceitos básicos da área da genética, tais como: gene, genótipo e fenótipo.

3.4 A teoria genotípica à luz da epistemologia bachelardiana: contribuições para o estudo do genótipo e fenótipo

Embora Bachelard não trate diretamente da biologia em sua obra, uma releitura da teoria genotípica à luz de conceitos bachelardianos, já explicitados no capítulo anterior, possibilita tecer algumas articulações, conforme exposto no Quadro 2.

Na primeira articulação, pode-se associar dois exemplos. No primeiro exemplo, os termos/conceitos de gene, genótipo e fenótipo propostos por Johannsen (1911) em genética, foram amplamente aceitos pelos pesquisadores da herança biológica, significou uma descontinuidade na genética. Em termos bachelardianos, não houve ruptura apenas

com os outros termos, mas também com as teorias que eles representavam, como por exemplo, levou ao abandono do termo de gêmulas, e uma descontinuidade da teoria que o subsidiava, no caso a pângenese.

No segundo exemplo, a ruptura, que Johannsen ajudou a concretizar foi com a herança dos caracteres adquiridos, por meio de publicações de resultados de seus experimentos com feijões, ao demonstrar as influências do meio ambiente no desenvolvimento de plantas, como pode ser evidenciado em Johannsen (1911, p.154), diferenciando do caso específico das mutações. Neste contexto a teoria genotípica foi um “ato epistemológico” (ABRANTES, 2002) ao romper com alguns dos obstáculos epistemológicos na história da genética.

Quadro 2: Possíveis articulações entre conceitos bachelardianos e a dimensão histórica da teoria genotípica.

Articulação	Conceitos bachelardianos	Ideias presentes na teoria genotípica
1	Rupturas e descontinuidade	- separação e definição de genótipo e fenótipo; - demonstração da inviabilidade da herança de alguns caracteres adquiridos.
2	Dialética	- explicita erros anteriores em teorias da herança biológica e aponta caminhos teóricos para tal ruptura.
3	Analogias e metáforas	- comparação do genótipo com a molécula de água.
4	Recorrência histórica	- reconhecimento e postura crítica à história do conhecimento acerca da herança até então e de possíveis limitações das ideias que embasam a teoria genotípica proposta.
5	Obstáculo epistemológico	- interpretação da herança biológica com base na Física.
6	Perfil epistemológico	- diferentes definições de genótipo por Johannsen.

As influências do ambiente com condições variáveis normais e as inserções de recursos especializados em vias de desenvolvimento individual vão exercer forte influência sobre todo o estado do fenótipo resultante do indivíduo. Mas estes fatores, como regra não mudam a constituição genotípica do biótipo em questão. Mais tarde, vamos tocar o problema de tais mudanças genotípicas (as mutações) induzidas por fatores externos (JOHANNSEN, 1911, p.154).

No que tange a segunda articulação - a dialética, permite perceber a existência de ideias diferenciadas, mas não excludentes em determinado período na construção do conhecimento biológico. No início do século XX, diferentes grupos pesquisavam a herança biológica e apresentaram questões diferentes de investigação e apontavam diferentes caminhos para uma teorização da herança biológica. Dentre eles de um lado

estavam os citologistas que buscavam responder a questão da localização física da herança e defendiam a existência de um gene corpuscular no cromossomo. De outro, estava Johannsen e alguns colegas mendelianos que investigavam os mecanismos da herança. Somente quando os questionamentos, mediante o diálogo, passam a ser comuns entre estes dois segmentos de estudo ocorre a consolidação da genética clássica, ainda na primeira metade do século XX, em que os genes de Johannsen passam a localizar-se no cromossomo na Escola de Morgan.

Na terceira articulação, para explicitar acerca de genótipo Johannsen recorre ao uso de analogias e metáforas, dentre elas a comparação deste com a molécula de água e os componentes (hidrogênio e oxigênio), como já explicitado anteriormente nesse capítulo. Para Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2002, p.10) “a linguagem metafórica e analógica é uma forma de raciocínio inerente ao ser humano. Tanto na ciência quanto na Educação, pode ser tomada como uma ferramenta útil no processo de explicação dos conceitos científicos”.

Em relação à quarta articulação - a recorrência histórica, na perspectiva do conhecimento atual sobre herança biológica, apresentam-se possíveis respostas ao problema apontado por Johannsen, no início do século XX, em sua teoria genotípica no qual o gene, e conseqüentemente o genótipo, não poderia estar associado unicamente a uma unidade corpuscular. Nesta perspectiva, com o olhar atual, rompe-se com a idéia do dogma central da biologia, no qual o gene e genótipo são associados estritamente ao DNA e passa-se a concebê-los em termos de indicativos que são herdados, compreendendo as “reações e processos físico-químicos” referidos por Johannsen em sua teoria. Assim, é possível explicitar no contexto do ensino que gene e genótipo continuam como conceitos em constante (re)criação desde a sua proposição.

No que se refere a quinta articulação, dentre os obstáculos epistemológicos presentes na obra de Johannsen (1911), encontra-se a interpretação fisicalista da biologia. Johannsen devido a sua formação desejava interpretar tudo em termos de força (Mayr, 1998). Johansen (1911, p. 131) afirma “A ciência da genética está em um período de transição, tornando-se uma ciência exata, tal como a química nos tempos de Lavoisier, que fez o equilíbrio indispensável implementar uma investigação em química”. A crença de reduzir a biologia a explicações da física, se trata em termos bachelardianos do conhecimento unitário e pragmático como obstáculo ao conhecimento científico. Entretanto, conforme Mayr (2005) alguns princípios básicos da física não podem ser aplicados à biologia. No caso da física, ela inclui o papel especial da matemática, a

fundamentação de suas teorias em leis naturais e está muito mais sujeita ao determinismo, ao pensamento tipológico e ao reducionismo do que se verifica na biologia. Neste sentido para uma compreensão atual da herança biológica há a necessidade de uma ruptura com a explicação fisicalista da biologia.

A sexta articulação está relacionada à noção de perfil epistemológico. Nesta aponta-se o fato de Johanssen explicitar em suas obras diferentes conceitos de genótipo. Esse é um exemplo de que uma pessoa, incluindo cientistas, podem ter distintas definições para um mesmo fenômeno biológico. Ao tecer uma relação com o ensino de biologia pode-se dizer que também os alunos apresentam diferentes ideias, de forma tácita ou explícita sobre a herança biológica. Nesta direção, com base no perfil epistemológico bachelardiano, Mortimer (2000) propôs o conceito de perfil conceitual no ensino de ciências. Para Carvalho Filho (2006) no âmbito do ensino o reconhecimento pelos professores da existência de um perfil epistemológico se faz necessário, para se determinar o nível de construção do aluno a partir de um dado conceito científico, permitindo ao professor precisar os meios metodológicos necessários para promover um eficiente processo de ensino, a partir do nível do estudante.

A pretensão neste trabalho não é de esgotar todas as articulações possíveis entre os conceitos apresentadas por Bachelard, a teoria genotípica e o ensino de biologia, mas de apontar possíveis caminhos a serem trilhados. Assim, ao recorrer à epistemologia da ciência, tem-se a intenção de buscar estratégias para desmistificar, retificar ou possibilitar o entendimento dos alunos, não só da Educação Básica como também dos cursos de graduação, acerca do processo de construção do conhecimento científico. Para pesquisadores (por exemplo, LÔBO, 2008; TRINDADE; REZENDE, 2007; JUSTINA; FERRARI, 2010, entre outros) o pensamento de Bachelard se apresenta como uma perspectiva epistemológica contemporânea justamente porque rompe com o empirismo¹⁴ e com a segurança de alcançar o verdadeiro conhecimento pelo simples cumprimento das etapas do método científico, arraigado por uma visão positivista da ciência, mostrando que o novo espírito científico se apóia em um racionalismo dialético e constituído pela dúvida.

A relevância de olhar para a história da genética como um procedimento de busca de erros e retificações pode ser considerado um recurso pedagógico. Esse olhar pode

¹⁴ Neste contexto, o empirismo é entendido aqui como o desenvolvimento de atividade de pesquisa restrita à sequência de um único método científico, pautado apenas em evidências experimentais.

possibilitam ultrapassar a visão de um gene, ou fragmento de DNA, como único detentor do poder da herança biológica passada de uma geração para outra. Há assim a ruptura com o DNAcentrismo ou genocentrismo que mistifica e paralisa o pensamento.

O episódio da teoria genotípica é um exemplo de ruptura e descontinuidade na história da biologia, conforme a epistemologia bachelardiana. Constitui-se em fato histórico, com problemas científicos explícitos, como é o caso do: “O genótipo tem sido considerado pelos cientistas com uma localização física específica e/ou em termos de reações e processos físico-químicos?” Este problema tem potencial de ser incluído em estratégias de ensino que objetivem a compreensão da natureza da ciência e também de conceitos básicos da área da genética, tais como: gene, genótipo e fenótipo.

Neste contexto, a análise de fatos históricos na biologia sob o olhar de um epistemólogo da ciência, como o caso de Bachelard, pode contribuir para o entendimento de como ela é construída ao longo do tempo e também para compreender o trabalho do cientista em um dado momento histórico. Salienta-se assim a relevância para o ensino de biologia de investigações que envolvam tanto aspectos históricos como epistemológicos do conhecimento científico. Como já colocado anteriormente, a abordagem da história e epistemologia é apontada como elemento capaz de contribuir para o desenvolvimento do pensamento questionador. Para Bachelard (1996, p.21):

Precisar, retificar, diversificar são tipos de pensamento dinâmico que fogem da certeza e da unidade, e que encontram nos sistemas homogêneos mais obstáculos do que estímulo. Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente melhor questionar.

Segundo Carvalho Filho (2006) a problemática do ensino e aprendizagem aparece na epistemologia bachelardiana com um enfoque próprio, ao defender que aprender é uma mudança na constituição psíquica do sujeito. Isto é, aprender é superar os obstáculos que se interpõem no processo de aquisição do conhecimento. Desta forma, o objetivo central do ensino de ciências não deve ser a exposição de aulas para a aquisição de uma grande quantidade de conteúdos, mas a superação dos obstáculos que impedem a compreensão do pensar e fazer ciência em uma conotação histórica, portanto com um estatuto de descontinuidade. Recorrendo a Bachelard (1996, p. 309) de que “uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica”, podemos dizer que a articulação da abordagem epistemológica e histórica no ensino pode promover o desenvolvimento do

pensamento crítico e dinâmico, ao constituir-se em espaço de (re)construção de visões acerca de diferentes faces da biologia, (res)significando-a, resultando em ações em outros contextos.

Ao articular elementos da história da teoria genotípica e conceitos bachelardianos, percebe-se a relevância da análise epistemológica tanto para o estudo da história da biologia como para a (re)construção de conceitos biológicos, tais como: genótipo e fenótipo, em diferentes contextos do ensino. Entretanto, considera-se que os conceitos não podem ficar presos a um determinado contexto do episódio histórico em estudo, mas como Bachelard (1996, p.308) afirma “o antigo deve ser pensado em função do novo”. Assim, no contexto de ensino, ao recorrer ao recurso didático de episódios históricos, o professor deve explicitar para os alunos, também os conceitos atuais em estudo, para que não gere confusões quanto ao conhecimento biológico aceito na atualidade. Também para permitir aos alunos que pensem sobre como o conhecimento científico é construído, por meio de retificações e ratificações.

Neste sentido, há o desafio aos pesquisadores em história da biologia e/ou ensino de ciências realizarem pesquisas no sentido de contribuir para a promoção de um conhecimento biológico atualizado, e que ofereça possibilidades de inclusão de episódios históricos, tanto no âmbito da educação básica como na formação de professores.

Tanto as discussões históricas quanto as epistemológicas deveriam ser contempladas na formação de professores da educação básica, para uma melhor compreensão do “fazer ciência” pelos licenciandos em biologia, pois somente assim, estes futuros profissionais tem os subsídios para atender aos desafios contemporâneos, dentre eles, de formar cidadãos que pensam, sentem e agem com base em um conhecimento biológico condizente com a ciência atual. Acredita-se que o episódio histórico da teoria genotípica com a abordagem epistemológica bachelardiana possa contribuir para uma percepção mais coerente dos conceitos atuais de genótipo e fenótipo no âmbito do ensino. Assim, possibilitando a ruptura com visões mitificadas da herança biológica e da expressão gênica. Entretanto, aponta-se que pesquisas com o desenvolvimento em contextos de sala de aula sejam necessárias para evidenciar contribuições e limites de tal abordagem metodológica.

Neste sentido, no que tange à formação inicial de professores, a relevância de conceitos em uma abordagem pautada na epistemologia histórica, está em potencializar o ensino de biologia problematizador que ao desafiar a reflexão, oportuniza 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 permearam 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.

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

Propõe-se um perfil (Quadro 3), construído com base no perfil epistemológico de Bachelard (1978) e perfil conceitual de Mortimer (1995), já apresentados no segundo capítulo da presente tese.

Nesse perfil, 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. Já no perfil relacionado ao empirismo há uma preocupação com questões práticas da melhoria das linhagens de animais e plantas para fins agrícolas. Em relação ao racionalismo clássico, o conceito da 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. 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. No que tange o racionalismo discursivo, considera-se a visão sistêmica da relação genótipo e fenótipo, segundo Bachelard a realização se impõe à realidade imediata. Esta zona oferece, muitas vezes, mais questões do que respostas aos problemas científicos.

Além das zonas do perfil construídas a partir de uma transposição das zonas propostas por Bachelard, para efeitos didáticos na presente tese, 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 conceitos para um mesmo termo. Assim, o sujeito reconhece e explicita que o seu conceito individual é versátil, possuindo diferentes faces.

Quadro 3 - Potencial perfil epistemológico e conceitual da relação entre os conceitos de genótipo e fenótipo

Zona do Perfil	Idéia(s) subjacente	Conceito da relação genótipo e fenótipo
Realismo ingênuo	Transmissão	Os filhos são iguais aos pais. Não há uma separação da herança biológica de outros tipos de herança, como: social, econômica, etc. Não há uma distinção entre o genótipo e fenótipo.
Empirismo claro e positivista	Produção de híbridos e linhagens puras	Os indivíduos são selecionados para fins de cultivo e melhoramento da produtividade agrícola.
Racionalismo Clássico	Genótipo determina o fenótipo	O genótipo é o conjunto de genes que são sequências de DNA, que estão nos cromossomos, que codificam a produção de um polipeptídeo ou RNA, determinando as características fenotípicas.
	Genótipo + ambiente = 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.
Racionalismo completo	Perspectiva evolutiva	O genótipo é o conjunto de unidades de herança (fragmentos de DNA) que competem pela sobrevivência e pela sua propagação, mediante a expressão fenotípica.
	Epigenética	Envolve todas as mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a seqüência 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.
	Processual	Processo que 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.
Racionalismo discursivo	Genótipo + ambiente + organismo = fenótipo atual	Em uma visão sistêmica o genótipo é o conjunto de indicativos físicos-químicos 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.

3.5 Algumas considerações

No âmbito do ensino de biologia considera-se imprescindível que os estudantes tenham acesso aos conceitos biológicos atualmente aceitos pela comunidade científica e

que o conhecimento seja trabalhado de forma integrada. Em relação ao ensino na área da genética, observa-se a existência de um discurso mais próximo do determinismo genético (JUSTINA; FERRARI, 2010) e/ou reducionismo ambiental, distanciando-se de uma abordagem sistêmica. Neste sentido, há o desafio aos pesquisadores em história da biologia e/ou ensino de ciências realizarem pesquisas no sentido de contribuírem para a promoção de um conhecimento biológico atualizado, e que ofereça possibilidades de inclusão de episódios históricos, tanto no âmbito da educação básica como na formação de professores.

Os conceitos tratados no presente capítulo foram discutidos em um grupo de pesquisadores em epistemologia da biologia, buscando compreender em que medida as reconstruções históricas favorecem (ou não) as reflexões de ordem epistemológica e contribuem para a construção de uma visão epistemológica/e consistente sobre a biologia por parte dos licenciandos em ciências biológicas. Vale ressaltar que o resgate conceitual e histórico foi de grande importância para fundamentar a pesquisa empírica, cuja dimensão relativa ao trabalho desenvolvido no grupo é discutida no quinto capítulo desse trabalho.

Na formação inicial de professores, a relevância de conceitos em uma abordagem pautada na epistemologia histórica, está em potencializar o ensino de biologia problematizador que ao desafiar a reflexão, oportuniza 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 permearam 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.

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, retomando a perspectiva da epistemologia bachelardiana, os conceitos formam um sistema que possui uma 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.

CAPÍTULO 4 – CONTEXTO DA PESQUISA: O GRUPO DE PESQUISADORES EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA DE CASCAVEL/PR (GEBCA)

Neste capítulo aborda-se a parte da pesquisa empírica de cunho qualitativo, a qual teve o seu desenvolvimento nos anos de 2009 e 2010. Para subsidiar teoricamente foram utilizados autores como Patton (2001), Flick (2009), Bardin (2000), entre outros.

Para uma melhor compreensão do desenrolar da investigação optou-se por separar em subitens o presente capítulo, iniciando com uma breve abordagem da opção pela pesquisa de cunho qualitativo. Após, é realizada a descrição da trajetória envolvendo os sujeitos investigados, bem como sua alocação. Também a formação e constituição do grupo de epistemologia de biologia, a dinâmica das discussões coletivas e os métodos de coleta e análise dos dados.

4.1 Sobre a pesquisa qualitativa

A pesquisa qualitativa geralmente é associada a dados qualitativos, abordagem descritiva, interpretativa e não experimental, a análise de caso ou conteúdo, enquanto a pesquisa quantitativa é associada a dados quantitativos, abordagem positivista e experimental e análise estatística (PATTON, 2001). No entanto, convém ressaltar que a pesquisa qualitativa não se restringe à adoção de uma teoria, de um paradigma ou método, mas permite, ao contrário, adotar uma multiplicidade de procedimentos, técnicas e pressupostos. Convencionou-se chamar as investigações que recaem sobre a compreensão das intenções e do significado dos atos humanos de pesquisa qualitativa (PATTON, 2001).

Neste panorama, na 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 (o que significa construir confiança e vínculo no estágio inicial, lembrar que o avaliador/observador também está sendo observado/avaliado); se envolver ao máximo no desenvolvimento das atividades enquanto

mantém uma perspectiva analítica focalizada no propósito do trabalho de campo; separar claramente descrição de interpretação e julgamento; prover *feedback* como parte do processo de verificação do trabalho de campo (e observar o impacto desse *feedback*); e 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. Assim:

Os pressupostos teóricos tornam-se relevantes enquanto versões preliminares da compreensão do objeto que está sendo estudado e da perspectiva sobre este, as quais são formuladas e, sobretudo, ainda aperfeiçoadas no curso do processo de pesquisa. Essas revisões de versões, baseadas no material empírico, impulsionam a construção do tema em estudo (FLICK, 2009, p. 99).

A presente investigação, constitui-se em um modelo circular do processo de pesquisa, e esteve alocada em um grupo de pesquisadores, o GEBCA, e se constituiu em um estudo de caso, no qual se busca 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 e teorizar sobre o fenômeno em estudo.

Para Alves-Mazzotti (2006), o estudo de caso qualitativo constitui uma investigação de uma unidade específica, situada em seu contexto, selecionada segundo critérios predeterminados e, utilizando múltiplas fontes de dados. Os critérios para identificação e seleção do caso, bem como as formas de generalização propostas, variam segundo a vinculação paradigmática do pesquisador. O importante é que haja critérios explícitos para a seleção do caso e que este seja realmente um “caso”, isto é, uma situação complexa e/ou intrigante, cuja relevância justifique o esforço de compreensão.

Pesquisas com uso de enunciados/diálogos envolvem necessariamente seres humanos, conforme foi preconizado pelo Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde e Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (BRASIL, 1996), deve ser submetido a

uma avaliação anterior ao seu desenvolvimento conforme um código de ética. Os códigos de ética, conforme Flick (2009, p. 51):

[...] exigem que a pesquisa deva estar baseada no consentimento informado, ou seja, no fato de que os participantes do estudo concordam em participar com base na informação fornecida pelos pesquisadores. Os códigos exigem também que a pesquisa evite prejudicar os participantes, o que inclui não invadir suas privacidades, nem enganá-los quanto aos objetivos de pesquisa.

Com base em Murphy e Dingwall, Flick (2009) argumenta sobre uma “teoria da ética” que envolve quatro cuidados em pesquisa com seres humanos. O primeiro está relacionado a *não-maleficiência*, em que os pesquisadores devem evitar danos aos participantes. O segundo é a *beneficência*, em que a pesquisa deve ir além dos interesses pessoais dos pesquisadores e produzir algum tipo de benefício positivo e identificável. O terceiro trata da *autonomia* ou *autodeterminação*, em que os participantes devem ter seus valores e decisões respeitados. O quarto é referente à questão de *justiça* em que todas as pessoas devem ser tratadas igualmente.

Desta forma, o projeto que culminou nesta tese foi encaminhado previamente para análise e parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná e aprovado, conforme parecer no Anexo A. Aos participantes da pesquisa foram explicitados os objetivos, procedimentos metodológicos e possíveis benefícios a eles do GEBCA no desenvolvimento do projeto e esses foram submetidos a um termo de consentimento informado para uso de suas falas como resultados de pesquisa, conforme Apêndice C.

Neste contexto, o GEBCA possibilitou aos licenciandos, mediante a adesão voluntária, participar de: estudos da história e epistemologia da biologia; desenvolvimento de pesquisas de iniciação científica em todas as suas etapas, desde a elaboração de projeto a publicação de trabalhos; e, vivência em um grupo de pesquisa. O anonimato dos investigados foi garantido pela não identificação de seus nomes e outros dados pessoais. Neste contexto, buscou-se por meio do trabalho coletivo, o tratamento dos participantes como colegas de pesquisa, membros de um grupo de pesquisadores.

4.2 Sobre os sujeitos investigados

A investigação esteve centrada em um grupo de pesquisadores que fazem estudos em história e epistemologia da biologia, denominado Grupo de Pesquisadores de Epistemologia da biologia (GEBCA), vinculado ao Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Biologia (GECIBIO), situado no Laboratório de Ensino de Biologia, no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Este grupo está alocado no Campus de Cascavel da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste. Trata-se de um grupo voltado para a formação de biólogos licenciados (pesquisadores e professores) tendo como aporte teórico aspectos históricos e filosóficos do conhecimento biológico, ou seja, da epistemologia da biologia.

No contexto do GEBCA foram 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.

Considera-se que se faz necessária a reflexão/proposição da utilização da história e epistemologia da ciência na formação inicial de forma contextualizada com os anseios da área de conhecimento. Mas de que forma isto pode ser feito? Neste sentido, considerou-se ser relevante uma investigação com licenciandos membros do GEBCA a fim de refletir como a epistemologia e a história da biologia são compreendidas por eles, e apontar possibilidades de como ela pode ser enfocada tanto no âmbito da formação inicial como no contexto do ensino médio.

A delimitação do grupo estudado é fundamental para a apresentação dos resultados, uma vez que a estrutura do grupo interfere diretamente na formação dos graduandos de biologia e no contexto dos conceitos abordados. Todos os participantes estão relacionados ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, quer seja como acadêmicos e/ou professores.

4.2.1 Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia de Cascavel/Paraná - GEBCA

Face à experiência vivenciada, em 2008, com a participação junto ao Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia - GPEB da Universidade Estadual Paulista Júlio

de Mesquita Filho - Unesp/Bauru¹⁵, tanto no planejamento com as pesquisadoras mediadoras como nas discussões do grupo, foi possível propor e organizar o GEBCA¹⁶, em 2009, junto com outra professora/pesquisadora, a qual havia fundado/integrado o GPEB em 2007.

Embora a relevância da temática para todos os alunos em formação inicial optou-se por trabalhar apenas com os alunos interessados na temática. Os acadêmicos foram convidados e destes foram selecionados 12 (doze). Os critérios de seleção foram: estar matriculado e frequentando a Licenciatura em Ciências Biológicas; ter disponibilidade de 4 horas semanais para o grupo – 2 horas presenciais e 2 horas de estudos individuais; ter interesse em aprofundar os estudos acerca da história e filosofia da biologia, sua relação com o ensino e a formação de professores.

Os encontros do GEBCA que são objeto de estudo ocorreram no ano de 2009 e o acompanhamento do desenvolvimento de projetos de iniciação científica no ano de 2010. O grupo foi orientado por duas pesquisadoras (M1 e M2)¹⁷, que mediarão as discussões nos encontros semanais realizados. Também houve a participação de 1 (um) pós-graduando da Especialização em Ensino de Ciências e Matemática (AE). Outros três professores pesquisadores (P1 a P3) da área de ensino de ciências participaram das discussões coletivas de alguns encontros. Embora o GEBCA tenha iniciado com 12 participantes, nessa pesquisa são analisados os dados de 9 graduandos participantes (A1 a A9), pois os demais desistiram e foram substituídos por novos membros no decorrer do ano, ou iniciaram no grupo em data posterior.

Em 2011, dos 9 constituintes da pesquisa: 6 concluíram a graduação, sendo que 4 destes estão em mestrados (2 em Educação; 1 em Ensino de Ciências e Matemática; e, 1 em Entomologia e Conservação da Biodiversidade); 1 como professor da Educação

¹⁵ O “Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia - GPEB” da Unesp/Bauru, teve seu projeto e desenvolvimento financiado, a partir de dezembro de 2007, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tendo como objetivo geral investigar processos de formação inicial do pesquisador a partir da análise do desenvolvimento de um grupo de pesquisa, fundamentado nas discussões epistemológicas do conhecimento biológico e sua relação com o ensino de biologia.

¹⁶ O desenvolvimento das atividades no GEBCA contou com apoio financeiro de projeto, no período de 2009-2012, pela Fundação Araucária – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, Brasil, mediante o fornecimento de bolsas de capacitação docente e deslocamento para pós-graduação.

¹⁷ A observação das mediadoras foi participante, ao se inserir no interior do grupo observado, tornando-se parte dele, interagindo por longos períodos com os sujeitos, buscando partilhar o seu cotidiano para sentir o que significa estar naquela situação (FLICK, 2009).

Básica; e, 1 integra projetos de educação ambiental. Os outros, 3 continuam participando de atividades de iniciação científica na área de ensino de ciências junto ao GEBCA.

As reflexões oriundas da prática com um grupo de professores em formação inicial e pesquisadores para trabalhar e refletir juntos sobre o sentido desse trabalho, levam a pressupor que, ao formar essa associação, para refletir acerca da história da ciência na formação de professores e no ensino, cada indivíduo pode construir algo que permita avançar mais do que cada ser sozinho seria capaz. No entanto, concordamos com Vaz (2007), que a trajetória de um grupo é incerta, com avanços, retrocessos e estagnações.

A presente tese está inserida no contexto desse grupo de pesquisa e tem sua análise centrada na (re)construção de conceitos biológicos, tais como do sistema genótipo-fenótipo. Também no papel desempenhado do desenvolvimento de atividades no GEBCA na formação inicial de professores e pesquisadores na (re)construção do pensamento acerca de algumas necessidades formativas, tais como: natureza da ciência; pensamento (inter)disciplinar; trabalho em grupo; e, iniciação à pesquisa.

4.3 Construindo um *Corpus* de Pesquisa

A pesquisa configurou-se com enfoque qualitativo, e concordando com Gaskell (2002), não teve por finalidade contar opiniões ou pessoas, mas ao contrário, explorar o espectro de opiniões, enfim as diferentes representações sobre a temática em questão. Para tanto as técnicas de pesquisa utilizadas envolveram fontes múltiplas de dados: questionário; vídeo-gravações e/ou áudio-gravações de discussões coletivas e entrevistas individuais, outros materiais escritos.

Os dados foram coletados junto aos participantes do GEBCA, o qual aqui foi denominado de grupo focal. Atualmente tem sido chamado de grupo focal o que anteriormente se denominava de “discussão em grupo”. Neste método a ênfase é dada no aspecto interativo da coleta de dados, que seria menos acessível sem a interação verificada em um grupo (FLICK, 2009).

Morgan citado por Flick (2009, p. 188) aponta os grupos focais como úteis para:

- a orientação do indivíduo em um novo campo;
- a geração de hipóteses, com base nos *insights* dos informantes;

- a avaliação de diversos locais de pesquisa ou de populações em estudo;
- o desenvolvimento de programas de entrevistas e questionários;
- a obtenção de interpretações por parte dos participantes sobre resultados obtidos em estudos anteriores.

Assim, concebeu-se o GEBCA como um grupo focal, pois este se constituiu em espaço de estudos e iniciação à pesquisa de graduandos em um trabalho de cunho interdisciplinar com a abordagem concomitante da história, da epistemologia e do ensino de biologia. Também possibilitou aos licenciandos a (re)elaboração de problemas de pesquisa, bem como o desenvolvimento de instrumentos de coletas de dados, organização e análise destes.

Flick (2009) sugere que os componentes do grupo focal sejam estranhos, não tenham laços de amizade. Nesse sentido optou-se por compor o grupo por acadêmicos dos diferentes anos de graduação em Ciências Biológicas. Assim os sujeitos investigados foram: 1 aluno do 1º Ano, 1 do 2º Ano, 1 do 3º Ano, 2 do 4º Ano e 4 do 5º Ano.

As discussões do grupo foram coordenadas pela pesquisadora (moderadora) autora desta tese com o auxílio de mais uma pesquisadora em epistemologia da biologia. Dada a dificuldade para documentar os dados de modo a identificar os interlocutores individuais e a diferenciação entre os enunciados de diversos interlocutores paralelos (FLICK, 2009), optou-se pela filmagem dos encontros e quando não fosse possível, pelo áudio-gravação.

É indicado o uso de gravador na realização de entrevistas para que seja ampliado o poder de registro e captação de elementos de comunicação de extrema importância, pausas de reflexão, dúvidas ou entonação da voz, aprimorando a compreensão da narrativa. Autores como Patton (2001) concordam com esta indicação, pois o gravador preserva o conteúdo original e aumenta a acurácia dos dados coletados. Registra palavras, silêncios, vacilações e mudanças no tom de voz, além de permitir maior atenção aos sujeitos da investigação, do que no caso de fazer os registros de forma escrita.

4.3.1 O desenvolvimento das atividades no GEBCA

As atividades no GEBCA consistiram inicialmente na organização do grupo e posterior consolidação do grupo junto à Universidade Estadual do Oeste do Paraná. No

Quadro 4 é demonstrado o cronograma e as atividades desenvolvidas durante o percurso analisado do grupo.

O delineamento das atividades no grupo é resultante da construção coletiva durante a trajetória do GEBCA nesse período. Cada texto, cada atividade é oriunda de apontamentos, que emergiram no interior do coletivo do grupo, neste sentido o grupo não se constituiu como fim para a realização da presente tese, mas como meio de realização da investigação que resultou neste trabalho.

A realização desta pesquisa caracterizou-se como um exemplo de ruptura com a prática da pesquisa em ensino de ciências como um processo linear. Inicialmente, havia o problema de pesquisa teoricamente fundamentada, mas a pesquisa em si, foi sendo (re)construída ao longo de seu desenvolvimento.

Inicialmente foi aplicada uma ficha para caracterizar o perfil dos prováveis participantes (Apêndice A). Após foi aplicado um questionário, no qual se buscou levantar ideias iniciais acerca de alguns conceitos relacionados a questões envolvendo a epistemologia, a história e/ou o ensino de biologia (Apêndice C). Após foram realizados encontros de discussão coletiva, pautados em questões problematizadoras (Apêndice D). Para finalizar as atividades em 2009 foi realizada entrevista individual (Apêndice E). No ano seguinte foi dada continuidade nas pesquisas de iniciação científica.

Quadro 4 - Atividades realizadas no GEBCA nos anos de 2009 e 2010, que são objeto de análise na presente tese.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DESENVOLVIMENTO DO GEBCA		
Etapa	Data	Atividades/Temas de discussão
CONTATO INICIAL	Mar/2009	<ul style="list-style-type: none"> • Divulgação e convite para os acadêmicos para participarem do grupo.
	Abr/2009	<ul style="list-style-type: none"> • Inscrição (APENDICE A) e seleção dos acadêmicos.
	E - 1 05/05/2009	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do Termo de consentimento (APENDICE B) e questionário inicial (APENDICE C). • Exposição dialogada por M1 e M2 sobre o que consiste o grupo, quais as atividades que poderiam ser realizadas. • Discussão sobre a relação entre a história da ciência, formação de professores de ciências e biologia e ensino de ciências.

DESENVOLVIMENTO - 2009	E – 2 12/05	<ul style="list-style-type: none"> • A ciência como conhecimento humano. • Diferentes contextos do conhecimento científico: comunidade científica; formação de professores; e escolar. <p>Texto: Mayr (2005, p.27-35).</p>
	E – 3 19/05	<ul style="list-style-type: none"> • O que caracteriza a biologia como ciência? • O que a diferencia de outras ciências, como é o caso da Física. • Objeto de estudo da biologia: vida/os seres vivos. <p>Texto: Mayr (2005, p.36-54).</p>
	E – 4 26/05	<ul style="list-style-type: none"> • As Ciências Biológicas e a disciplina biologia e seus contextos. • Um discurso favorável a unificação ocorre pela inserção da evolução como elemento unificador e estudos da genética (Teoria Sintética da Evolução). • A busca dessa unificação se reflete na constituição de uma disciplina escolar biologia, unificando disciplinas que antes estavam separadas (Zoologia, botânica, Saúde, etc). <p>Texto: Selles; Ferreira (2005).</p>
	E – 5 02/06	<ul style="list-style-type: none"> • O que é pesquisa em história da ciência? Como é feita? • Ela é importante para a formação de biólogos licenciados? Por quê? • E para a pesquisa nas áreas específicas da biologia? Por quê? <p>Texto: Martins (2005).</p>
	E – 6 09/06	<ul style="list-style-type: none"> • Episódio histórico com base em fontes primárias, o caso da Teoria genotípica de Johannsen. • Como as “reconstruções/episódios” históricas pode contribuir para o entendimento da genética pelos alunos? <p>Texto: Johannsen (1911 – tradução nossa).</p>
	E – 7 16/06	<ul style="list-style-type: none"> • O caso da teoria eugênica, a biologia como farsa. • No século XIX o racismo ganhou status científico por meio de uma doutrina que inspirou governos e intelectuais de todo o mundo. <p>Texto: Diwan (2007).</p>
	E – 8 23/06	<ul style="list-style-type: none"> • Orientações quanto à definição do problema de investigação e elaboração do projeto de pesquisa a ser realizado no GEBCA, com orientações individuais ou em dupla, pela Pesquisadora M1. <p>Texto: Villani; Pacca (2001).</p>
	E – 9 30/06	<ul style="list-style-type: none"> • Orientações quanto à definição do problema de investigação e elaboração do projeto de pesquisa a ser realizado no GEBCA, com orientações individuais ou em dupla, pela Pesquisadora M1.
	E – 10 21/07	<ul style="list-style-type: none"> • Genética e ambiente. • Episódios históricos envolvendo a herança cromossômica e a determinação do sexo. <p>Texto: Rodriguez (2005).</p>
	E – 11 28/07	<ul style="list-style-type: none"> • Texto elaborado por M1 sobre a história da genética, enfocando o determinismo genético e uma introdução sobre a epigenética. • Foram realizadas discussões sobre a elaboração dos projetos de investigações desenvolvidas junto ao GEBCA, com orientações coletivas.

DESENVOLVIMENTO - 2009	E - 12 18/08	<ul style="list-style-type: none"> Foi apresentado um seminário sobre as dificuldades em se conceituar genes, por um participante do grupo que desenvolve pesquisa sobre este conceito.
	E - 13 25/08	<ul style="list-style-type: none"> O que é epigenética (e plasticidade fenotípica). Breve história da teoria epigenética (proposta por Waddington). Exemplos de caso de epigenética em pesquisas atuais com animais. <p>Texto: Dias Correia; Dias Correia (2007).</p>
	E - 14 01/09	<ul style="list-style-type: none"> A evolução em quatro dimensões. Relacionando evolução e genética. Teoria sintética da evolução. Participação de diferentes pesquisadores (construção coletiva da ciência). <p>Texto: Araújo (2006).</p>
	E - 15 08/09	<ul style="list-style-type: none"> A tripla hélice: gene, organismo e ambiente. <p>Texto: Lewontin (2002).</p>
	E - 16 15/09	<ul style="list-style-type: none"> Conceitos necessários para o entendimento da ciência: teoria, conceito, fato, lei, outros e em especial da compreensão da biologia como ciência. Exemplificando: Teoria biométrica: o caso da estatura humana. <p>Texto: Pena (2008).</p>
	E - 17 22/09	<ul style="list-style-type: none"> A história da ciência e o ensino de biologia Possibilidades e limitações <p>Texto: Martins (1998).</p>
	E - 18 29/09	<ul style="list-style-type: none"> Alguns exemplos de episódios históricos de biologia desenvolvidos para o ensino médio. A história da construção do modelo de DNA, como exemplo da produção coletiva da ciência. <p>Texto: Andrade; Caldeira (2009).</p>
DISCUSSÕES DAS PESQUISAS NO GRUPO (Seminários - 2009)	E - 19 13/10	<ul style="list-style-type: none"> O conceito de eugenia. Breve história da eugenia no mundo e em especial no Brasil. Pesquisas que abordam este conceito. A eugenia em uma revista de divulgação científica. Presença do conceito em atividades de formação de professores e no ensino.
	E - 20 20/10	<ul style="list-style-type: none"> O que é pesquisa em ensino de ciências? Como a história e a epistemologia da biologia estão contempladas nesta? Características da pesquisa: básica e aplicada. Importância da abordagem da área na formação de professores de ciências e biologia. Repercussões no ensino.
	E - 21 27/10	<ul style="list-style-type: none"> A natureza da ciência. Contextualização histórica da ciência. Ciência (processo) ciência (disciplina). Percepção da mesma por professores e acadêmicos da Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade pública (comparação).

	E – 22 03/11	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemática e filogenética. • Breve História da Sistemática. • Alguns episódios da filogenia no século XX. • Abordagem as sistemática em livros didáticos do ensino médio.
	E -23 17/11	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas e problematizações. • Problemas históricos. • Falsos e verdadeiros problemas no ensino.
	E – 24 24/11	<ul style="list-style-type: none"> • A disciplina escolar biologia: o conhecimento biológico abordado.
FINALIZAÇÃO	E – 25 15/12/2009	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega e discussão dos artigos produzidos a partir das pesquisas realizadas no GEBCA (conforme os quatro primeiros seminários apresentados).
	Novembro e Dezembro/ 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas individuais (Apêndice E).
ORIENTAÇÃO PROJETOS	Março a Novembro 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Continuidade do desenvolvimento das atividades de pesquisa de iniciação científica de 2009, com a análise dos dados, redação de artigos e submissão a periódicos da área.

4.3.2 Dinâmica dos encontros do grupo

Os encontros coletivos no ano de 2009 foram planejados para duração de 90 minutos, procurando não ultrapassar 120 minutos, para não gerar cansaço e desconforto. Durante os encontros os participantes foram dispostos em uma mesa tipo de reunião em que todos possam se olhar durante os diálogos. No decorrer de 2010, os encontros ocorreram com os membros de cada projeto, conforme a necessidade de orientação por parte de M1 e M2.

As atividades no GEBCA no ano de 2009 compreenderam 25 encontros e 12 reuniões de orientações em 2010, os quais estão sintetizados no diagrama abaixo (Figura 4):

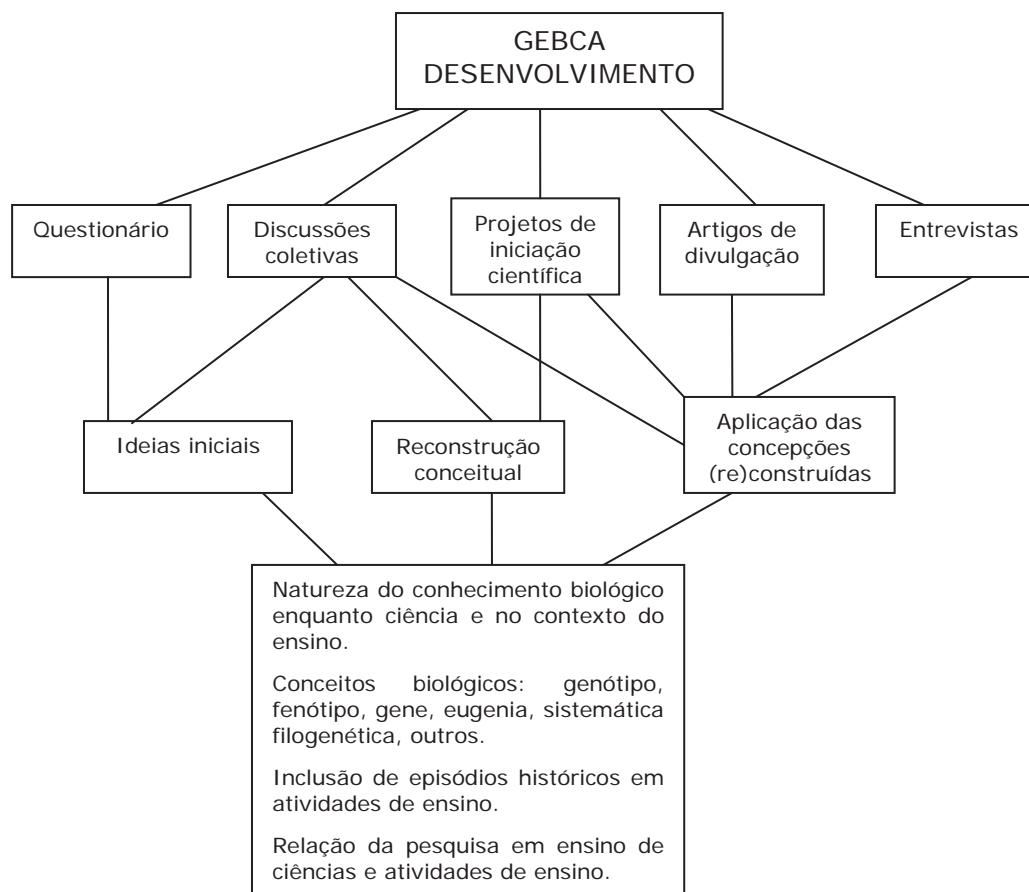


Figura 4 - Diagrama das atividades desenvolvidas no GEBCA que são objeto de estudo nessa tese.

A dinâmica dos encontros coletivos do grupo envolveu: (I) levantamento de ideias e obstáculos epistemológicos; (II) problematização com geração de conflitos cognitivos (romper com as limitações e acomodações do pensamento); (III) 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 são difusas e provisórias. Assim, o trabalho no grupo esteve pautado na idéia de conceber os conceitos biológicos como centrais – depois problematizá-los (discussões no grupo; projetos de pesquisa) - e após criar narrativas escritas (trabalhos para eventos, artigos, outros).

Na entrevista ao final de 2009, para a elaboração e adequação do roteiro de entrevista considerou-se o percurso de participação individual de cada licenciando no GEBCA e suas (re)construções explicitadas nos encontros coletivos.

Na presente investigação apostou-se em um trabalho articulado que contemplou, de forma concomitante, conceitos biológicos específicos – genótipo, fenótipo, e aspectos

da historicidade do seu processo de construção. Nesta dinâmica, a dimensão epistemológica histórica articulada à didática da biologia constituiu-se em um conteúdo e, ao mesmo tempo, na metodologia que balizou o desenvolvimento das discussões do GEBCA no ano de 2009.

Acredita-se que quando o graduando participa de encontros do grupo de pesquisa, o qual se constitui em espaço de diversidade de opiniões e argumentos, o pensamento e discurso individuais serão mais complexos e permitem um alargamento conceitual maior, desde que as discussões estejam pautadas em situações-problemas que o façam pensar, falar e agir.

Os avanços no pensamento dos membros do GEBCA relativos à biologia e ao seu ensino, foram considerados mais consistentes quanto mais claras fossem as ideias gerais que orientassem o grupo em termos de uma visão epistemológica histórica; e tratassem tanto da natureza da ciência quanto das implicações sociais dos “avanços” do conhecimento biológico e também das relações com a didática da biologia. Se a crença em um conhecimento biológico definitivo, sem espaços para a recriação em situações diversas, fosse mantido/defendido pelo grupo, a relação com atividades didáticas seria limitada à mera transmissão/recepção de informações.

Deste contexto resultou o fato do eixo epistemológico permear todo o desenvolvimento das atividades do grupo mediante o envolvimento dos licenciandos em discussões que levassem a uma visão crítica da ciência e suas relações com o ensino.

4.4 Enfoque analítico dos dados

Os dados da pesquisa foram obtidos mediante a transcrição das gravações dos diálogos dos encontros e foram organizados de tal forma que permitissem uma análise do pensamento dos licenciandos sobre: as relações epistemológicas traçadas entre a ciência biologia, alguns episódios históricos de sua criação e recriação, o ensino de ciências, e a pesquisa. 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 ciência biologia e seu enfoque na Licenciatura em Ciências Biológicas e na educação básica.

Esta etapa da 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, dentre elas, a da linguagem escrita, por que estas são mais estáveis e constituem um material objetivo o qual podemos consultar quantas vezes forem necessárias. 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 e observações do grupo focal, bem como das entrevistas individuais e de outros materiais escritos pelos participantes da investigação. Uma análise inicial dos dados ocorreu sempre logo após a coleta dos mesmos para uma maior confiabilidade.

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-chaves da presente tese: construção da biologia como ciência e no contexto de ensino; genótipo e fenótipo; pesquisa em biologia e sobre o ensino de ciências; e, papel do grupo na formação de pesquisadores e professores. Os demais fragmentos da transcrição não foram objeto de uma análise mais aprofundada na presente tese.

A *interpretação inferencial* envolveu o aprofundamento da análise buscando desvendar o “conteúdo latente”, indo além do “conteúdo manifesto”. Dos fragmentos transcritos e escritos 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; entrevistas coletivas e individuais). Na análise dos resultados procurou-se extrair uma síntese de significação (CALDEIRA; MANECHINE, 2007) do coletivo do grupo ou de forma individual.

Na terceira etapa, considerou-se o exposto por Bakhtin (2006), conforme já discutido no primeiro capítulo, a compreensão de uma enunciação é sempre acompanhada de uma atitude responsiva ativa em um determinado espaço. Para Flores e Teixeira (2005, p. 57) “o ouvinte concorda ou discorda, completa, adapta, apronta-se para agir desde as

primeiras palavras emitidas pelo locutor; o próprio locutor é um respondente, já que toma a palavra na cadeia complexa de outros enunciados”. Assim, o diálogo em Bakhtin:

[...] não se reduz à interação face a face, isto é, ao encontro fortuito de dois seres empíricos isolados e auto-suficientes, soltos no espaço e no tempo, que trocam enunciados a esmo. Também não significa ‘entendimento’, nem ‘geração de consenso’. No conjunto da obra de Bakhtin, as relações dialógicas são entendidas como espaço de tensão entre vozes sociais (FLORES; TEIXEIRA, 2005, p. 58).

A perspectiva da análise da linguagem em Bakhtin implica ver o sujeito no contexto complexo em que age, considerando tanto o princípio dialógico – que segue a direção do interdiscurso, constitutivo do discurso, como os elementos sociais, históricos, entre outros, que formam o contexto mais amplo do agir, sempre interativo. Segue a direção da polifonia, isto é, da presença de várias vozes, vários pontos de vista no discurso, que naturalmente podem ser implícitos (SOBRAL, 2010).

Nos próximos dois capítulos são apresentados e discutidos, os resultados da pesquisa empírica. Inicialmente, no capítulo 5 são apresentados e discutidos algumas falas e diálogos de estudantes durante as atividades do GEBCA, na tentativa de evidenciar a (re)construção da concepção de ciência e biologia, dos conceitos de genótipo e fenótipo, com a gradativa inserção do organismo, conforme perfil epistemológico e conceitual proposto no capítulo anterior. Ao final, como alternativa para a compreensão conceitual, propõe-se um modelo explicativo para o sistema de conceitos necessário à compreensão da relação entre genótipo e fenótipo de forma sistêmica, modelo que pode ser utilizado e refletido no ensino de biologia.

No capítulo 6 são apresentadas discussões acerca do olhar dos membros do grupo quanto ao papel desempenhado pelo GEBCA na sua formação enquanto biólogos licenciados, fazendo sínteses comparativas entre as expectativas iniciais e as percepções finais acerca do desenvolvimento do grupo. Também são apresentadas as questões no que tange ao desenvolvimento de projetos de pesquisa, na busca de quais são as relações que emergem desse processo e potencializam a formação de um professor e pesquisador com os requisitos de um problematizador que reflete, age, constrói e ressignifica seus sistemas conceituais. As relações foram analisadas na perspectiva epistemológica, para compreender a construção de ideias dos participantes na prática de iniciação científica acerca de aspectos conceituais, da história e do ensino de biologia.

CAPITULO 5 – O DESENVOLVIMENTO DE IDEIAS NO GEBCA: DA VISÃO DE CIÊNCIA À (RE)CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE GENÓTIPO E FENÓTIPO

No presente capítulo discute-se a (re)construção conceitual do grupo no decorrer do desenvolvimento das atividades no ano de 2009. Inicialmente abordam-se as visões de ciência e biologia. Na sequência, a (re)construção coletiva e individual dos conceitos de genótipo e fenótipo na perspectiva da epistemologia bachelardiana. Após é proposto um modelo explicativo construído a partir das discussões no GEBCA para a relação entre genótipo e fenótipo em uma perspectiva da biologia sistêmica. Ao final é apontada a problematização de conceitos como um elemento potencializador da (re)construção do conhecimento biológico no GEBCA.

5.1 Visão de ciência e biologia

Embora não fosse objetivo inicial da pesquisa discutir as ideias acerca da ciência, houve a necessidade de abordagem de tais visões no grupo, haja vista o levantamento inicial nos primeiros encontros de discussão coletiva do grupo, o qual corroborou o apontado por Moreno e Gatica (2010), que as concepções epistemológicas de professores de biologia possuem características de “verdades”, não estando centradas na construção do conhecimento científico. Portanto, não se destaca a ideia de interpretar o mundo, tampouco deixam em evidência que as teorias científicas discutidas no âmbito do ensino, devem auxiliar a reconstrução do mundo mediante a adoção de determinadas perspectivas.

Na discussão coletiva no segundo encontro do grupo quando se buscou discutir acerca da construção da ciência como parte da cultura humana, também sobre o que caracteriza o conhecimento científico e sua abordagem nas disciplinas de formação de professores de biologia. Na sequência, alguns enunciados dos sujeitos investigados evidenciaram ideias quanto à biologia como ciência, tais como o fazer ciência inclui inclusive atividades inerentes a outras culturas. Também que a biologia foi construída por renomados pesquisadores, o que não acontece na atualidade.

M2: É diferente a forma de fazer ciências dentro da biologia?
 A1: Tem uma metodologia. Você vai lá fazer o experimento [...] segue um padrão.
 M1: Na evolução segue este mesmo padrão?
 A8: Todas seguem o mesmo método [...] observação da experimentação.
 A6: Análise, observação e comparação, todas seguem.
 A8: A evolução não é provada porque não puderam experimentar.
 M2: Existe ciência provada?
 A8: Uns são mais provados que outros, com menos problemas [...].
 A7: A vida é movimento [...] o tempo todo é transformação [...] o organismo está funcionando [...] mudanças são necessárias [...].
 A8: A teoria de que a água evapora a 100° C é mais aceita, enquanto a teoria da evolução é menos aceita. Só se faz ciência quando observa, experimenta e propõe uma teoria. Hoje não temos grandes cientistas, pois são muito especialistas.
 A5: Mendel só conseguiu por que era matemático e físico [...].
 M1: Será que Mendel foi um gênio? [...].
 A5: Já destruíram o Hooke, agora o Mendel.
 M1: O que são cientistas?
 A8: Os grandes cientistas são gênios, sim! Como Einstein.
 [...]
 A8: Só se faz ciência quando observa, experimenta e propõe uma teoria.
 M2: Essa é uma visão mais tradicional da ciência, hoje tem outras visões [...].
 A6: [...] Observar uma formiguinha é fazer ciência? [...] Os índios com seus chás [...].
 A8: Tudo que descreve o meio não é ciência [...] só quando propor uma teoria para dizer algo [...]. Não basta descrever um cromossomo, precisa dizer por que ele é assim.

Percebe-se nos trechos transcritos acima que alguns dos alunos, como A1 e A8, enfatizam a ciência como uma atividade experimental, na qual se utiliza um determinado método científico. É possível perceber a idéia que “grandes” cientistas são “gênios”, em A5 e A8, vinculando-se a visão estereotipada do fazer ciência. Também o caráter empírico da observação é colocado por A6. Essa visão acaba por refletir no entendimento da teoria da evolução como algo com menos *status* científico, como fica evidente em A8, pois não seria possível fazer experimentos que a comprovem. De acordo com Bizzo e El-Hani (2009), vários estudos enfocaram o ensino de evolução em diversos lugares do mundo, tendo apontado algumas características comuns, como o baixo desempenho de estudantes que completam seus estudos no ensino médio brasileiro. Também estudos envolvendo estudantes universitários de cursos de biologia têm mostrado resultados parecidos. Estes sugerem que há razões complexas para as dificuldades de aprendizagem de evolução. Sugere-se a partir do presente trabalho de tese que dentre estas razões complexas pode estar a compreensão equivocada da natureza da ciência e do que caracteriza a biologia como ciência autônoma.

Na sequência, alguns exemplos dos sujeitos, como os alunos A1 e A8 salientaram a dificuldade para entender a biologia em uma perspectiva disciplinar e fragmentada, sem entrelaçamentos interdisciplinares. Como limitação para romper com tal prática, A8 ressaltou a falta de formação dos professores formadores para uma abordagem mais integrada da biologia, devido, segundo A9 à fragmentação das pesquisas da área, pela necessidade do reducionismo para a construção do conhecimento científico, como colocado por A4.

M1: E o Curso de Ciências Biológicas, qual a visão de ciência que é passada?

A1: Bem separado [...] só no quarto ano que a gente começa a ligar a ecologia à zoologia [...] é complicado depois juntar tudo, entender, para ter uma única visão da biologia.

M1: Como poderia integrar?

A1: Relacionar [...] ver um ciclo inteiro da vida. Todos os ecossistemas estão interligados [...]

A8: É difícil cobrar dos professores, pois eles não viram de forma integrada [...].

A6: Acho que não.

A8: Cada professor poderia ligar com a biologia geral.

A9: Eles falam das pesquisas deles na aula.

A8: É bem dividido. Uma vez um aluno perguntou sobre célula em uma aula de anatomia e a professora respondeu que não era da especialidade dela e que fazia muito tempo que ela tinha visto isso [...].

M2: Será que o especialista perde a forma integrada?

A4: Essa separação foi pela necessidade das ciências.

A9: Teria que haver integração.

A1: Teria que ter.

Ao conceberem que o trabalho interdisciplinar implica sempre o envolvimento de vários professores gera a dificuldade de compreensão por parte dos professores de biologia de que podem adotar uma abordagem mais interdisciplinar em suas aulas de forma individual (Augusto et alli, 2004). Nesse caso o que mudaria seria a forma de abordagem do conteúdo em sala de aula ao integrar diferentes conceitos.

No que tange ao objeto de estudo da biologia, no diálogo abaixo é apontada a necessidade de abordagem interdisciplinar por A6, e para o estudo da vida, como explicitou A8.

A4: O que unifica a biologia?

A6: A relação entre diferentes áreas [...]

M2: Com o que elas estão preocupadas?

A8: Com a vida.

No terceiro encontro do grupo buscou-se investigar as ideias sobre o que caracteriza a biologia como ciência, mediante a problematização acerca das especificidades desta ciência que a diferencia de outras ciências, e sobre o seu objeto de estudo, com base em Mayr (2005). Conforme exemplificado no diálogo abaixo, neste momento, A6 destacou que a diferença dos seres vivos dos inanimados seria que todos os primeiros são compostos por CHON (carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio). A6 e A9 destacaram que no passado os cientistas inventavam teorias, palavras para aquilo que não sabiam explicar, como foi o caso da abiogênese. Ao final do encontro foi salientado de que a biologia não tem leis como a física, mas conceitos. Tal questão foi discutida no encontro seguinte.

M1: A partir da leitura do referencial de Mayr houve alguma mudança, ou passaram a ver a ciência em uma nova perspectiva, em relação ao primeiro encontro?

A6: Com certeza!

A9: Bastante!

M1: O que mais chamou a atenção no texto?

A9: [...] que a biologia demorou quase 200 anos para se tornar uma ciência reconhecida.

[...]

A9: Eram considerados como máquinas os seres vivos.

A1: Não tinha como decifrar então se considerou como máquinas [...] mas depois teve vários questionamentos [...].

A6: Colocavam novos nomes a características que não conseguiam definir [...].

A9: Um exemplo foi a abiogênese [...] não sabiam explicar, então inventavam teorias [...].

M1: Considerando os recursos da época, é o que poderia ser feito [...]

A5: Eles procuravam responder com a física, química, matematicamente [...] ficavam em dúvida por que não dava certo para todos os seres vivos [...].

M2: A corrente vitalista defendia que existia uma força que daria vida aos seres vivos [...] eles tinham uma substância a mais.

A4: Até hoje tem quem acredita [...] a energia vital é menor que qualquer átomo [...] li um artigo na área de religião [...].

A9 – Por enquanto não tem como provar.

A4 – É algo que não foi descoberto ainda.

[...]

M2 – O que caracteriza os seres vivos?

A6 – Todos os seres vivos são compostos por CHON [...].

Neste terceiro encontro, também houve menção por parte de A4 sobre a energia vital (artigo publicado em revista religiosa) que para A9 ainda não tem como ser provada (visualizado), por ser menor que as partículas de um átomo. Conforme Bachelard (1996), o obstáculo animista traduz-se numa tendência para, de um modo ingênuo, animar,

atribuir vida a objetos inanimados e muitas vezes propriedades antropomórficas a outros seres vivos. Na história da ciência, sobretudo no estágio pré-científico, recorria-se, freqüentemente, a fenômenos biológicos como meios de explicação para fenômenos físicos, o que constituía um obstáculo à compreensão destes, uma valorização do princípio vital. No que se refere ao ensino de biologia o obstáculo animista constitui grande dificuldade à construção dos conceitos científicos. A compreensão das representações científicas exige uma ruptura com as representações animistas.

No quarto encontro do grupo buscou-se resgatar a discussão sobre conceito na biologia e de diagnosticar a percepção do conhecimento biológico no contexto da formação inicial de professores e do ensino médio. Nesse, A1 ressaltou a questão conceitual como diferentes definições, já A4 complementou como parte da biologia teórica, conforme explicitado no diálogo abaixo.

M1: O que é conceito? Diferentes conceitos em diferentes áreas [...]?

A1: São diferentes ideias sobre alguma coisa [...] maior que ideia e concepção [...] conceito como concepção que a gente usa.

[...]

A4: Achei que fosse o conceito como a teoria biológica.

Também, os acadêmicos perceberam e ressaltaram a relevância de discussões acerca do conhecimento biológico nas diferentes disciplinas que compõem a Licenciatura em Ciências Biológicas para a formação de professores com uma concepção coerente da biologia enquanto ciência autônoma e em constante construção. Para tanto há a necessidade de espaços curriculares para problematizações/questionamentos de conceitos biológicos em sua formação inicial. Foi ressaltada pelos sujeitos da pesquisa que o melhor seria o estabelecimento de relações entre o cotidiano e o conhecimento biológico durante a sua abordagem em sala de aula. Abaixo transcrição de um fragmento de diálogo que exemplifica tais ideias.

M1: Há expectativas sobre o ensino de biologia resolver problemas sociais [...] isso ocorre aqui no curso de ciências biológicas?

A6: Eu consigo na hora de estudar, de preparar aula.

A5: Nem sempre. Eu acho que fica mais na parte teórica da disciplina, assim.

[...]

M1: O que seria a disciplina escolar biologia? O que é a ciência de referência?

[...]

A4: [...] os avanços tecnológicos exigiram que as pessoas estudassem mais biologia [...] genética, biologia molecular [...] estão relacionadas à sociedade.

Quanto à evolução biológica ser o elemento integrador do conhecimento biológico, conforme apontado por Selles e Ferreira (2005). No diálogo na sequência evidenciou-se em A8 a ideia de que isso não é possível, por que a evolução é trabalhada como verdade imutável e única na formação inicial de professores de ciências e biologia. Essa visão acaba por se tornar um obstáculo epistemológico para o ensino de biologia na perspectiva da evolução como integradora de outros conceitos. A7 apontou que entender a evolução mediante a sua abordagem por conceitos pode contribuir para a ruptura com esta visão. A4 expressou sua dificuldade em conceber a evolução como integradora de outros conceitos biológicos.

M1: Vocês concordam com o Mayr de que a evolução biológica seria a integradora do conhecimento biológico?

[...]

A8: Acho que não tem nenhuma teoria que faça isso [...] não existe.

M1: Não existe somente esta teoria da evolução, mas existem outras, embora essa seja a mais difundida.

M2: A questão da evolução como integradora não se estabelece por que existem lacunas como a biologia do desenvolvimento, a epigenética.

A4: Epigenética? Não conheço.

A8: O problema das nossas aulas de biologia é que os professores nos dão uma teoria como verdade única e não mostram outras possibilidades.

M1: Existe a verdade histórica daquele momento, das teorias que são mais aceitas pela comunidade científica.

A8: É idéia de verdade absoluta, imutável, não dão espaço para discussão, será que é ou que não é. Falta debater se ela é verdadeira ou não.

A1: Gente, eu acho que falta discutir mais.

[...]

A4: Eu não entendi como a síntese evolutiva contribuiu para a unificação da ciência biologia.

A7: Dentro do olhar da evolução se dá de uma forma mais integradora [...] existem autores que defendem isso [...] você sempre deve começar pelos aspectos evolutivos a trabalhar os conteúdos biológicos.

A4: O professor de filosofia falou que evolução não existe. Não lembro que argumento ele usou. Nós falamos que existe e ele continuou dizendo que não existe no ponto de vista marxista.

A7: A evolução não tem como você olhar e ver a evolução, você a entende por conceitos, talvez seja isso que ele queira dizer que não é um fato.

A8: Eu fui em um evento em que um filósofo estava apresentando um artigo e ele falou que na sala de aula o professor deve oferecer aos alunos as mais diversas ideias, como por exemplo de evolução, e ao final discutir as limitações de cada uma delas [...] falta essa discussão ao final sempre.

M2: Mesmo o conceito de evolução não parou no tempo [...].

M1: Talvez os professores não tenham essa formação para estarem fazendo esta prática dialogada.

A8: Eu entendo que não tenham formação [...] então está errado em algum lugar [...] a maioria dos alunos que saem da universidade com idéia fixa, não de que os conceitos se modificam.

A ausência de uma compreensão adequada dos conceitos e processos que envolvem o ensino da evolução biológica pode resultar em ideias distorcidas acerca deste conhecimento biológico. Portanto, definir claramente os conceitos científicos, contrapondo as concepções inerentes às outras culturas e ao conhecimento científico, esclarecendo termos importantes, como adaptação e seleção natural, por exemplo, é imprescindível no ensino da evolução biológica, em todos os níveis de ensino, inclusive na formação de professores de ciências e biologia (GOEDERT, 2004).

No diálogo na sequência, observa-se que a inserção da história e epistemologia da biologia no tratamento dos conceitos biológicos passa a ser visualizada como uma possibilidade para romper com o obstáculo da ciência fixa e como verdade. A limitação de falta de profissionais que possam fazer tal abordagem é apontada por A8. Já A9 salientou que essa visão já deve ser abordada no início do curso para não dificultar as (re)construções conceituais posteriores. Também a escassez de materiais didáticos e paradidáticos que orientem os professores na abordagem unificadora da biologia é apontado por A8, como uma limitação. Para Rodrigues, Justina e Meglhioratti (2011) existem poucos recursos paradidáticos no Brasil que podem ajudar nessa abordagem no contexto do ensino de biologia.

M1: Uma das formas de trabalhar essa idéia é a inserção de história e filosofia da ciência nos cursos de formação de professores e também na educação básica [...] utilizando diferentes recursos didáticos abordando essa questão da história da ciência. Só que nós não temos biólogos preparados para assumir essas vagas [...] é um campo aberto para pesquisa e atuação [...].

A8: É o que eu ia falar [...] não tem quem faça isso [...] e foi só quando comecei a ler que tudo está em constante mudança que eu entendi que as coisas em biologia não são fixas [...] a gente já sabia isso [...] mas faltava ler para compreender melhor sobre isso.

M2: A ciência é uma construção humana [...] nunca chegaremos a uma verdade absoluta, somente a conhecimentos que ficam mais estruturados.

A9: Tinha que começar desde o comecinho do curso. A gente não tem muita visão. Daí fica o que é dado.

A7: Fica faltando uma visão de um professor que estudou mais [...] para a gente preparar os seminários nas aulas do curso mais de acordo com essa idéia.

[...]

M1: Tem que ter essa visão de que o conhecimento não deve ser decorado e sim compreendido nesse contexto [...] essa é a idéia do grupo [...] compreendo melhor as outras disciplinas que vem depois.

[...]

A8: Não adianta em um curso aonde a maioria dos professores formadores tem uma visão fixa da biologia [...] é complicado para os alunos, fica uma coisa contra a outra.

M1: É algo que leva tempo para mudar [...] talvez quando vocês estiverem dando aula de zoologia, genética, já vão ou não apresentar de forma diferente essas disciplinas na formação do biólogo. Dentro da sala de aula vocês conseguiriam fazer dessa forma? Tem material didático?

A8: Acho que não tem [...] é uma área que falta muito [...] falam que tem que ser feito, mas como unificar, como fazer isso, ninguém diz, cadê isso [...] nos parâmetros curriculares falam um monte de vezes que tem que ser unificado, mas não apontam como fazer. Não se sabe como fazer isso.

Assim, no E-21 em que se retornou à discussão da natureza da ciência, sujeitos da pesquisa, como A6, A3 e A7 analisaram a sua (re)construção conceitual quanto ao entendimento da ciência como atividade acadêmica, histórica, coletiva e de pessoas “normais” (TOBALDINI et alli, 2011). A seguir alguns fragmentos das falas.

A6: Antes das discussões do grupo eu tinha um pensamento bem diferente sobre a ciência, achava que o índio ao fazer seu chá era ciência. Agora sei que a ciência é uma forma de cultura, e que existem outras [...].

A3: [...] entender como se dá o funcionamento da ciência, sem ter uma visão muito simplista de que tal pessoa foi lá e descobriu algo, aí depois de anos, outra pessoa descobriu outra coisa, desconsiderando a primeira pessoa.

A7: [...] é, eu não acho que qualquer um pode fazer ciência, tem que ter um embasamento, para mostrar que não é uma coisa pronta e acabada, que ela está sempre mudando.

Nessa mesma direção, na entrevista final os entrevistados salientaram a abordagem da biologia em uma nova perspectiva, como fica evidente nas falas abaixo de A2, A3, A6 e A8.

A2: Eu vejo que mudou muito a abordagem da biologia na sala de aula da década 50 para cá com a biotecnologia [...] como biologia crítica [...] questionando os alunos sem dar resposta [...] senão perde a graça [...] vou ser professora assim meio radical [...] vou tentar questionar os alunos [...] por exemplo osmose [...] por que o alface murcha no restaurante [...] vou questionar até um aluno responder que é a osmose que está perdendo a água [...] todo aquele processo [...] todo o problema até chegar a resposta por eles mesmos.

M1: Quais eram suas dificuldades no trabalho desenvolvido com a M2?

A3: Compreender melhor as categorias sobre as concepções de ciências [...] algumas eu compreendia bem outras não [...] foi o que mais me dificultou a fazer o trabalho com a M2 [...] algumas ideias de Chalmers eu não entendi direito [...] e aí eu abandonei [...] mas agora posso entender melhor palavras com sentido novos [...] os significados [...] eu não conseguia estabelecer nexos [...].

M1: E o grupo ajudou a estabelecer estas ligações, a dar significados?

A3: Me ajudou a compreender outra parte que eu não conhecia [...] as concepções [...] de como se faz ciência, os diferentes tipos de pesquisa das diferentes áreas [...] e com os textos do grupo da disciplina biologia da disciplina ciência [...] de explicar certas coisas que eu não sabia: como a biometria [...] ou do que é teoria, fato ou lei – para mim era tudo uma coisa só. Hoje ainda não sei dizer bem certinho o que é, mas pelo menos eu tenho uma visão mais ampla. Eu posso não saber delimitar bem ao certo cada uma delas, mas pelo menos sei que existe um campo mais amplo do que a gente vê na sala de aula.

A6: Ele não segue os mesmos passos que na ciência [...] agora consigo ver que são diferentes culturas graças ao grupo [...] dessa forma eu pesquisando o conceito de ciência é que eu entendi [...] se me falasse só não ia adiantar [...] aprender é difícil, tem que pensar [...].

A8: Então [...] qual a contribuição da ciência para o aluno que vai ter uma outra carreira [...] será que a escola tem que ser um local para o conhecimento científico ou para o todo [...] às vezes a ciência não vai contribuir para a formação do cidadão [...] eu acho que você fizer uma união do conhecimento biológico com o cotidiano [...].

M1: Conhecer a ciência é poder?

A8: Eu acho que não [...] conhecer a ciência é simplesmente isso [...] vai ter uma contribuição mas poder decidir [...] Não é o poder maior do conhecimento [...] não é melhor ou pior do que a outra

M1: Então para que ensinar ciências?

A8: [...] tem o conhecimento científico quem quer seguir a ciência [...] no futuro ter um emprego melhor [...] não vai ter um papel tão importante [...] o que falta é relacionar com aquilo que não é ciência, tentar mostrar para a pessoa que a diferença de um xampu do outro e aí a gente sai da faculdade sem saber diferenciar um do outro, aí estaria o diferencial no ensino [...].

Para auxiliar em uma abordagem contextual da ciência é necessário pensar em estratégias que contemplem discussões epistemológicas da ciência e possibilitem aos alunos e professores formadores uma visão de ciência mais contemporânea. Nesse sentido, a observação participante em um grupo de epistemologia da biologia permitiu evidenciar como ocorre a construção de conceitos de ciência em um espaço privilegiado para essas discussões.

Nas observações realizadas do referido grupo no ano de 2009, buscou-se elucidar os conceitos de ciência e biologia apresentados mediante a utilização de sínteses de significações de forma comparativa (Quadro 5).

Quadro 5 - Sínteses de significação do coletivo do grupo sobre a visão de ciência e biologia nos encontros em que este conceito foi discutido diretamente e na entrevista final.

<p>PRIMEIRO ENCONTRO (questionário)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Percebem a biologia como uma ciência em constante transformação, comparando com a física que é exata, considerada imutável, e como áreas complementares da ciência. A maioria cita fatos somente da área de genética como importantes na biologia.
<p>SEGUNDO ENCONTRO (diálogos)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conceberam a ciência com traços relacionados ao senso comum e/ou outras culturas, como por exemplo: os costumes indígenas de tomar chás e fazer rituais religiosos. • Reconheceram a biologia como uma ciência de grandes pesquisadores (gênios) no passado, hoje não tem mais cientistas de destaque; • Reconheceram a vivência de situações na graduação em que o conhecimento biológico é integrado, por exemplo: fisiologia, também em que é fragmentado, como é o caso da anatomia humana.
<p>TERCEIRO ENCONTRO (diálogos)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconheceram que o reducionismo é importante para o avanço da ciência, mas que integrar conhecimentos também é. • Compreenderam que para ser ciência, mesmo na biologia, tem que ser tratada sempre experimentalmente e matematicamente. Assim, alguns sujeitos não concebem como o que está sendo feito no GEBCA como pesquisa. • Acreditavam que os cientistas inventam teorias, palavras para aquilo que não sabem explicar. • Passaram a associar a biologia como uma ciência de conceitos – mas o que são conceitos ainda é uma caixa-preta.
<p>QUARTO ENCONTRO (diálogos)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perceberam/ressaltaram a relevância de discussões acerca do conhecimento biológico nas diferentes disciplinas que compõem a Licenciatura em Ciências Biológicas para a formação de professores com uma concepção coerente da biologia enquanto ciência autônoma e em constante construção. Entretanto, apontam a necessidade de espaços para problematizações/questionamentos de conceitos biológicos em sua formação inicial. • Ressaltaram a relevância do estabelecimento de relações entre o cotidiano e o conhecimento biológico durante a sua abordagem em sala de aula. • Salientaram a dificuldade de tratar a biologia com o eixo integrador da evolução, haja vista fatores, tais como: abordagem na formação inicial como verdade imutável; e, pela escassez de recursos didáticos e paradidáticos para tanto.
<p>VIGÉSIMO PRIMEIRO ENCONTRO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diferenciaram a ciência da técnica e da tecnologia. A primeira é do âmbito de uma comunidade científica. • Predominância de uma visão contemporânea de ciência, relacionando a ciência a uma construção coletiva, dinâmica e situada historicamente. Também, os sujeitos enfocam a ciência como parte do conhecimento humano, que influencia e é influenciada por outras culturas.
<p>ENTREVISTA FINAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apontaram a relevância de outras áreas, além da genética, para fomentar discussões históricas e epistemológicas. Incluem: evolução, anatomia, fisiologia, ecologia, outras. • Enfatizaram a problematização de conceitos biológicos, associada ao cotidiano, como importante para a construção do conhecimento biológico.

No Quadro 5 são descritas sínteses de significação que contemplam o período de tempo analisado. Para representar alguns aspectos da construção conceitual de ciência no grupo apresentamos a transcrição de distintos momentos em que a discussão voltou-se a natureza do conhecimento científico em diferentes contextos. O objetivo da análise das discussões no grupo foi verificar se os alunos membros do GEBCA construíram uma visão mais contemporânea da ciência e biologia.

Nos encontros iniciais do grupo, em que a biologia e seu objeto de estudo foram abordados com mais ênfase, houve a passagem, conforme exposto no Quadro 5, de uma visão da biologia associada mais a fatos históricos relacionados à área de genética a uma abrangência de áreas na entrevista final. Inicialmente, os sujeitos apontavam apenas situações do cotidiano como ponto de partida para o ensino do conhecimento biológico. Na entrevista individual final há a inclusão de conceitos biológicos, aliados a situações do cotidiano, como desencadeares de aquisição do conhecimento em biologia, evidenciando o reconhecimento por parte dos sujeitos da pesquisa que o conhecimento biológico pode ser problematizado e relacionado ao cotidiano.

O estudo corroborou resultados obtidos por El-Hani, Tavares e Rocha (2004, p. 265) em uma proposta de estudo com alunos de um Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas que ao realizarem estudos envolvendo episódios históricos para discussões de cunho epistemológico apresentaram uma (re)construção das “visões sobre a demarcação sobre a natureza da ciência e outros modelos de conhecer”.

Considerou-se também, necessário pensar, refletir e (res)significar a biologia como ciência para podermos discutir seus conceitos, sua história e compreendermos o que a diferencia de outras ciências e faz com que seja uma ciência única. Conforme apontado no primeiro capítulo desta tese, uma das necessidades formativas do professor é a ruptura com a visão distorcida da atividade científica. Entretanto ressalta-se que não basta romper com esta visão é preciso ir além, que esta ruptura chegue a ações na prática de sala de aula, tanto de formação de professores como da educação básica. Para tanto, um caminho a ser trilhado no desencadear do processo de mudança que depende, entre outros fatores, da produção e disseminação de materiais didáticos que permitam a efetivação de tal ruptura, mediante uma tomada de consciência da necessária e possível esta mudança. Um exemplo é o indicativo da biologia ser tratada com o eixo integrador da evolução (SELLES; FERREIRA, 2005), se as limitações não forem sanadas, tais como a sua limitada abordagem na formação inicial e poucos recursos didáticos disponíveis, continuará a ser um obstáculo intransponível.

Recorrendo ao exposto no segundo capítulo da presente tese, de que a epistemologia da biologia deve priorizar o estudo de seus conceitos, na sequência discute-se a (re)construção conceitual de genótipo e fenótipo no GEBCA.

5.2 A (re)construção dos conceitos de genótipo e fenótipo pelos estudantes participantes do GEBCA

A apresentação dos resultados e discussão é realizada em cinco momentos, que não são excludentes: conceitos iniciais de herança, genótipo e fenótipo (E-1 a E-5); a contextualização histórica dos conceitos de genótipo e fenótipo (E6 a E12); a inclusão do organismo na relação genótipo, fenótipo e ambiente (E-13 a E-16); a percepção individual da relação genótipo e fenótipo (entrevista final); e, comparativo da (re)construção conceitual individual dos sujeitos analisados. Os primeiros três momentos referem-se a um olhar do coletivo do grupo, do qual são extraídos e analisados fragmentos de diálogos. Já os dois momentos seguintes são análises e discussões de cunho individual. No último é realizada uma análise minuciosa dos enunciados dos sujeitos, acerca do sistema conceitual genótipo-fenótipo e de sua (re)construção no desenvolvimento das atividades do GEBCA no ano de 2009.

5.2.1 Ideias iniciais sobre os conceitos de herança, genótipo e fenótipo

No questionário inicial, quando questionados sobre a herança biológica, os conceitos emitidos foram condizentes com uma visão de transmissão de uma geração para outra, em todos os sujeitos, respostas pautadas no senso comum, evidenciando a permanência no ensino superior de conceitos acerca da hereditariedade presentes na educação básica, conforme relatado por Pedrancini, Corazza e Galuch (2011). Também, em A9 evidenciou-se a presença de uma visão de caracteres adquiridos incluindo os de cunho social. Em nenhuma resposta, conforme exemplos abaixo, foram mencionados os termos de genótipo e fenótipo.

A1: São as características passadas de um organismo para os seus descendentes.

A2: Passagem de uma geração a outra – perpetuação da espécie

- A3: Características repassadas à prole.
 A4: Informação genética passada para gerações posteriores, contribuindo para a evolução dos seres vivos.
 A5: Transmissão de características entre os seres vivos.
 A6: Transmissão das características da prole aos seus descendentes
 A7: Conjunto de características herdadas de geração em geração dos antecedentes da nossa espécie.
 A8: É a passagem de determinadas características de geração a geração.
 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.

No segundo encontro, como observado no diálogo abaixo, outros conceitos, como de evolução (A8); de DNA (A4) e conceito polissêmico (A1), são incluídos quando questionados acerca da herança biológica.

- M2: Qual a teoria para dizer que um cromossomo é assim?
 A8: É a evolução [...]. Vai chegar um ponto em que a genética, eu acho, vai provar que a evolução não existe.
 AE: Eles nunca vão provar uma coisa que eles não acreditam [...] existe um pressuposto por trás [...] os geneticistas seguem a evolução.
 M2: O que a genética estuda?
 A5: As características hereditárias [...].
 A1: Componentes do genoma [...]
 A4: Como os genes são passados [...] uma fita de DNA [...]
 [...]
 A1: Não há um conceito único para gene [...]

Neste mesmo sentido, no terceiro encontro, conforme explicitado na transcrição apresentada na sequência, houve a inclusão dos conceitos de genótipo e fenótipo, em uma perspectiva determinista como no exemplo de A9. A4 apontou que o determinismo ambiental é mais relevante que o material genético na expressão de características, pois pais fumantes tem filhos fumantes:

- M1: A variação genotípica corresponde à fenotípica?
 A6: A variação fenotípica é maior.
 A9: O caso dos gêmeos [...] são idênticos genotipicamente, então vão ser iguais fenotipicamente.
 [...]
 M1: Determinismo – o que é?
 A4: Pode se prever o futuro [...].
 M1: Vocês concordam com isto nos dias atuais?
 [...]
 A2: O que determina é o que está na cabeça das pessoas.
 A1: Se meus pais forem fumantes, eu também serei.
 [...]
 A9: A probabilidade é maior na presença de um gene, mas não quer dizer que será 100%.

[...]

A6: Alguns professores de biologia continuam com esse discurso determinista [...].

A9: A maioria das pessoas tem visão determinista. Eu mesmo às vezes deixo escapar [...].

A4: Determinismo chega ao ponto quando uma teoria é comprovada?

No quinto encontro, a origem dos conceitos de genótipo e fenótipo foi atribuída a Mendel, conforme evidenciada na transcrição do diálogo abaixo. Entretanto A1 demonstrou dúvidas se os fatores mendelianos se referiam ao genótipo ou ao fenótipo. A7 apontou ser o genótipo. Não houve menção pelos estudantes à teoria genotípica de Johanssen.

M1: Quando que surgiram os conceitos de genótipo e fenótipo?

A1: Na verdade Mendel já colocava genótipo e fenótipo, não era com estes nomes, mas ele já falava em sua teoria [...].

M1: Os genes eram os fatores ou elementos.

A1: Desde a época de Mendel já havia estudos sobre o que era herança biológica.

M1: Já havia uma separação entre genótipo e fenótipo nessa época?

A1: Quando ele falava de fatores ele falava de fenótipo ou era de genótipo [...] ih, não sei.

A7: Eu acho que era genótipo quando falava de fatores hereditários.

M1: Ele não separava os dois [...] era mais uma abstração matemática [...].

A5: Ele falava que existiam fatores.

A7: Ou era liso ou era rugoso o fator [...].

Não se falava em “genótipos” e nem em “fenótipos” na época de Mendel, pois não se fazia uma diferenciação entre o que estava no interior dos gametas e a característica externa (MARTINS; BRITO, 2006). Entretanto, embora Mendel não se referiu especificamente a genótipos e fenótipos, ao falar do conjunto de propriedades de um indivíduo, ele distinguia um conjunto de fatores visíveis e um conjunto de fatores transmissíveis (SENTIS, 1970).

Em relação à genética clássica, A7 destacou a herança cromossômica.

M1: E na genética clássica já havia um reconhecimento de genótipo e fenótipo de forma separada?

A7: Acho que já começam com a questão do cromossomo [...].

Quando questionados sobre a genética molecular, conforme transcrição na sequência, os estudantes apresentaram ideias condizentes com a visão do fenótipo como determinado pelos genes situados no DNA. Essa visão corrobora o apontado por Joaquim

et alli (2007) e Schneider et alli (2011) sobre a predominância do conceito molecular em graduandos de Ciências Biológicas. Isto está explícito no diálogo abaixo, nas falas de A2, A9 e A7.

M1: E com os geneticistas moleculares?

A2: O fenótipo era as características externas e o genótipo é onde estavam os genes e onde estavam guardadas todas as nossas características.

M1: E a localização física dessas características?

A2: Na célula, no DNA.

[...]

M1: E nos dias de hoje o que é genótipo e fenótipo?

A9: Fenótipo são as características superficiais e o genótipo são genes, as partes pequenas [...].

M1: O que seriam essas partes pequenas?

A9: Seria o DNA.

A7: Fenótipo são as características determinadas pelos genes.

M1: E o que é gene?

A7: Existe toda uma discussão sobre isso [...] que tem vários genes para determinar uma proteína [...].

A análise dos resultados iniciais, conforme apontado no Quadro 6, evidenciou a presença preponderante de ideias pautadas na relação restrita à idéia de que o genótipo determina o fenótipo, sem considerar o ambiente, o organismo e sua história de vida, constituindo-se como obstáculo epistemológico para a compreensão dos processos biológicos de forma sistêmica.

Quadro 6 - Síntese de significação do coletivo do grupo no primeiro momento

A relação entre genótipo e fenótipo foi percebida com o predomínio de uma visão do determinismo genético no coletivo do GEBCA.

5.2.2 Contextualização histórica: da teoria genotípica ao conceito versátil

No sexto encontro, no momento inicial da discussão coletiva acerca do artigo de Johannsen (1911), ao serem questionados se os conceitos de gene, genótipo e fenótipo são os mesmos desde a sua proposição por Johannsen, A1 colocou que não tem como associar o gene a uma única estrutura. Para A6 há influência ambiental.

A1: Como tudo muda [...] a genética não vai ser exata [...] os estudos de gene estão mostrando isso.

M2: Tem como definir o gene como uma estrutura?

A1: Não.

M1: Hipoteticamente se uma pessoa tem a sequência de DNA para um “câncer de fígado” essa pessoa fatalmente o terá?

A6: Não é bem assim. Tem outros fatores envolvidos como o ambiente, a alimentação.

[...]

M1: O interessante que Johannsen não via o gene como uma estrutura física, e hoje novamente estamos chegando a essa ideia.

[...]

A6: Ele não queria afirmar que isso era o gene.

Para a compreensão da história da genética e dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo, houve a solicitação por parte dos licenciandos para inclusão de outros conceitos em estudos posteriores do grupo, tais como herança cromossômica (A5) e epigenética (A1), conforme explicitado no diálogo abaixo.

M1: Se vocês fossem pesquisadores na época de Johannsen o que fariam para estudar a herança biológica?

A5: Acho que estudaria os cromossomos [...] como era nessa época o conhecimento sobre eles?

[...]

M1: Hoje para entender os conceitos atuais de genótipo e fenótipo, o que vocês sugerem que seja estudado aqui no grupo?

A1: Fui num curso que o palestrante falou de epigenética [...] aqui no grupo seria importante para a gente entender mais de gene.

No grupo, os conceitos de gene e genótipo foram expostos de forma predominantemente molecular pelos sujeitos participantes, e o fenótipo foi colocado como determinado pelos genes e por vezes como resultado da interação entre genótipo e meio ambiente. Estes resultados foram relatados também por Schneider et alli (2011) quando realizaram investigações acerca do conceito de gene com professores formadores dos alunos investigados na presente pesquisa.

No décimo encontro as interações discursivas foram referentes à relação gene e ambiente:

M1: E aí o que influencia mais os genes ou o ambiente?

A1: Existem fatores que são genéticos. Já outros são o meio ambiente que influencia mais.

[...]

M1: Nas leituras de Johannsen percebe-se que Bateson mesmo com todas as evidências não aceitava a herança cromossômica.

A2: É o nome genética veio antes de gene [...] eu penso o gene como parte do cromossomo.

Conforme evidenciado no diálogo acima, os sujeitos investigados, como o caso de A2, associam a ideia do gene como unidade, o qual está presente, desde a educação básica até o ensino superior. O determinismo ambiental ficou evidenciado em A1. Também apresentaram desconhecimento quanto aos fatores epigenéticos.

No décimo segundo encontro em que foi discutido o conceito de gene como polissêmico, conforme Schneider et alli (2011), foi ressaltado por A7 a fragmentação e a presença de caixas-pretas na abordagem durante a formação inicial. A3 reconhece que há dúvidas de como abordar um conceito polissêmico no ensino médio:

M1: Qual é o conceito mais presente nas aulas de graduação? Incluindo a genética básica?

A3: É o molecular.

A1: Chega ao clássico.

M1: E os outros, chegam a tratar ou não?

A7: Se você parar para pensar é sempre o gene molecular, mesmo na genética de populações. Na genética molecular até a gente vê o gene P, gene D, mas é só citado.

[...]

A1: A gente ve *introns*, [...] *transposons*, [...] mas tudo separadinho, para gente conseguir ligar que tudo aquilo ali é o gene, está incluído no conceito de gene é muito difícil. [...] essa dificuldade é do professor também, por que se ele entendesse que tudo isso é o gene, ele passaria isso para a gente, eu penso.

M1: Teria como romper com essa situação?

A7: Na genética molecular acho que sim, trabalhando o conceito, que tem outras definições além da molecular [...].

M1: A gente pensa em gene já visualiza uma fita de DNA.

A7: A gente não pára 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.

[...]

M2: Essa visão está muito presente no projeto genoma, que iam seqüenciar e iriam saber tudo [...].

M1: Eles sugeriam que seqüenciamento e mapeamento eram automáticos.

M2: Eles começaram a ver que tinham interações dentro da célula [...] virou uma bagunça o conceito de gene [...].

A3: Será que isso tem que ser abordado no ensino médio?

M2: Só que é apenas uma das definições e não como verdade absoluta [...].

Conforme exposto no Quadro 7, os estudantes reconheceram a predominância do gene molecular no discurso dos professores formadores, conforme já apontado por Schneider et alli (2011). Em face da fragmentação conceitual apresentados pelos sujeitos

participantes no GEBCA na sequência foram realizados estudos focados em um processo de estabelecimento de ligações entre os conceitos de genótipo e fenótipo e a gradativa inclusão do ambiente e organismo durante as atividades no GEBCA.

Quadro 7 - Síntese de significação do coletivo do grupo no segundo momento

Os sujeitos reconheceram a presença da visão do determinismo genético, do gene como unidade, da fragmentação de conceitos associada à presença de caixas-pretas, em diferentes contextos do ensino e a necessidade de ruptura com a mesma. Também incluem o ambiente na relação entre genótipo e fenótipo.

5.2.3 Da epigenética à inclusão do organismo na relação genótipo, fenótipo e ambiente

No décimo terceiro encontro foi estudado o conceito de epigenética de forma introdutória. A3 salientou a falta de preparação de seus professores formadores para abrir a caixa-preta da “epigenética” associada a ideias ingênuas, por exemplo: “aluno da licenciatura não precisa saber” ou como um “assunto ultrapassado”. A1 salientou que após estudar no grupo a epigenética, não pode limitar seu pensamento a dizer que o estudo de genótipo e fenótipo se restringe a equação: genótipo + ambiente = fenótipo.

A3: [...] 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.

M2: Por que será que nos cursos só tem essa abordagem molecular?

A3: É como dizem – é um dogma. Enquanto os professores não estiverem preparados. Talvez até eles saibam, mas tenham medo de estar falando comentando, entrando em terrenos diferentes [...] tem professores que chegam em nossa turma falando que não tem tempo para passar mais conteúdo. E também colocam que como somos alunos da licenciatura tem que ser diferente um conteúdo voltado para a educação básica. Essa diferença entre quem é do bacharelado e da licenciatura, então se eles sabem, eles não passam.

P3: Talvez seja uma questão de resistência alguns professores tem em sua formação, mas não querem mudar, dar aulas diferentes do que estão acostumados. E não querem aprender. Talvez as justificativas de carga horária e de que vocês sejam da licenciatura seja por que eles não tem domínio dessas temáticas.

A2: A professora de genética que eu fui perguntar disse que a epigenética não é mais aceita dentro da pesquisa atual da área.

[...]

M1: Este texto que passei para vocês trata de animais. E aí a epigenética não acontece em plantas, e em microrganismos?

[...]

M1: Diante dessas nossas discussões o que vocês fariam sobre genótipo e fenótipo? Como defini-los?

A2: Genótipo vai determinar as características fenotípicas, não vai? [...]

A1: Acho que fenótipo não é mais genótipo mais ambiente.

[...]

A3: Genótipo é as letrinhas lá.

A5: Genótipo é o nosso código.

[...]

A9: Fenótipo para mim é o genótipo mais o ambiente.

M1: O que é ambiente.

A9: Tudo [...]

[...]

M2: O genótipo é todo o aparato do organismo que é herdado, não só o DNA, padrões que estariam constituindo o genótipo. Genes seriam parte desses processos [...] Genótipo seria o conjunto dessas vias.

[...]

M2: Qual a diferença entre a mutação e a epigenética?

A5: O DNA na mutação e na epigenética não envolve o DNA.

Entretanto no coletivo do GEBCA, o genótipo continuou sendo associado predominantemente ao conceito de gene molecular, como é o caso do discurso acima de A3, A5 e A9. Em menor número ao processual. O conceito de fenótipo é como resultado do genótipo mais ambiente - o ambiente externo. Ao final do décimo terceiro encontro, mediante a discussão coletiva, sintetizou-se o conceito de genótipo como “todo o aparato do organismo que é herdado, não só o DNA, padrões que estariam constituindo o genótipo. Genes seriam parte desses processos. Genótipo seria o conjunto dessas vias.”

No décimo quarto encontro no qual foi discutido os diferentes tipos de herança (genética, epigenética, comportamental e simbólica), de acordo com Jablonka e Lamb (2002). Observou-se nesse uma ampliação no pensamento no coletivo do grupo quanto à inclusão da epigenética no momento das interações discursivas, por parte de A4 e A7, mas ainda permaneceu a ideia de gene como unidade física, como no caso de A4.

A4: Por que dá uma continuidade na discussão sobre a epigenética [...] que não é só os genes, mas o ambiente também [...] as ideias de Lamarck determina [...] essa continuidade aí.

A3: [...] Todos os cientistas que trabalharam com esta questão: Lamarck, Darwin [...] eles tiveram sua importância [...].

M1: Por que síntese de evolução?

A4: A história da evolução por isso trata da evolução [...] para evitar o reducionismo também [...] evolução e herança genética [...] dos outros seres vivos e da gente também [...].

M2: O que é evolução? Quem é mais apto?

A4: Depende do organismo [...] aqueles que são mais aptos sobrevivem.
 A7: Tem que ver né. Entra a questão da epigenética pode voltar ao DNA mais do ambiente também [...] não só o genótipo [...].
 A4: O gene que tem o histórico da vida [...] é uma unidade no interior do corpo da gente.
 A7: Vai ser o gene que vai estar levando a informação para uma determinada proteína.
 [...]
 A7: Como os gêmeos são geneticamente idênticos, mas são epigeneticamente diferentes.

A idéia de gene como uma unidade foi encontrada em livros didáticos de biologia do nível médio, em uma investigação realizada por Santos e El-Hani (2009). Nessa percepção, ao considerar o genótipo como o conjunto de genes, transpondo o explicitado por estes autores, considera-se o genótipo como segmentos contínuos cujas seqüências de bases codificantes não sofrem interrupções. O gene é a unidade individual que não se sobrepõe a outros genes; com começo e fim bem definidos; e localização constante. Neste modelo, genes são considerados unidades de estrutura, de função, e também de informação.

Os participantes do grupo apresentaram sugestões de trabalhar temas no grupo como o caso da “autopoiese”. Dificuldades em entender a “síntese evolutiva” de forma contextualizada historicamente. Dificuldades de entender as quatro dimensões de herança biológica, mas ao mesmo tempo curiosidade de estudar mais sobre o assunto.

No décimo quinto encontro, as discussões acerca da relação entre genótipo e fenótipo, foram focadas na discussão coletiva norteada por questões-problema (Apêndice D – E-15), que foram respondidas e entregues no início do encontro de discussão coletiva. As questões versaram sobre algumas ideias de Lewontin (2002), referentes: à relação entre gene e organismo, à relação entre organismo e ambiente, o estudo das partes e todo, causas e efeitos, e sobre as direções no estudo da Biologia. Embora a obra *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente* não faça referência direta aos conceitos da relação entre genótipo e fenótipo, esta foi escolhida para discussão no GEBCA por focar conceitos essenciais, de forma integrada, para o entendimento dessa relação que são: gene, organismo e ambiente.

No que se refere ao conceito de genótipo, na análise das respostas por escrito às questões problemas, apareceram enunciados com a predominância da constituição genética determinando o organismo, corroborando o apontado por autores como Justina e Ferrari (2010), por exemplo, nas respostas abaixo de A4 e A7.

A4: Genótipo é o conjunto de genes que estão no DNA e que vão determinar as características de um indivíduo, que é o fenótipo.

A7: A diferença entre os indivíduos se deve a recombinação genética no *crossing-over* que ocorre entre as células na meiose.

Também na análise das respostas ficou evidente a presença da idéia de que o fenótipo é resultante da relação gene e ambiente, desconsiderando o desenvolvimento do organismo, como no caso da fala de A1.

A1: Tanto as diferenças como as similaridades são determinadas pelo DNA [...] e pelo ambiente.

Na análise e também nas ideias emitidas inicialmente nas discussões no grupo, quanto à relação gene e organismo no que se refere às “diferenças entre os organismos da mesma espécie” apareceram respostas com a predominância da constituição genética determinando o fenótipo, como fica evidenciado na resposta de A8, quando questionado sobre o porquê do formato da orelha:

A8: A função da orelha pode ser respondida estudando a expressão dos genes.

Também na análise das repostas às questões-problemas (Apêndice D – E-15) ficou evidente a presença da ideia de que o fenótipo é resultante da relação entre gene e ambiente, desconsiderando o desenvolvimento do organismo, como no caso da fala de A3:

A3: [...] características expressas pelo DNA, visualizadas, resultantes de produtos – “proteínas” e do meio ambiente.

A análise dos resultados do questionário evidenciou a presença de ideias pautadas na relação restrita ao genótipo e ambiente, sem considerar o organismo e sua história de vida, constituindo-se como obstáculo epistemológico para a compreensão dos processos biológicos de forma sistêmica. Considerar o organismo como ente passivo na relação genótipo e fenótipo pressupõe que este é apenas um meio de expressão do genótipo em

interação com o ambiente. É uma limitação do pensamento que leva a acreditar no mito do inevitável, do determinismo genético e/ou reducionismo ambiental.

Durante o século XX, com o enfoque reducionista das pesquisas em biologia houve um “esquecimento do corpo”, ou seja, do todo/organismo (GUDDING, 1996). A visão reducionista do conhecimento biológico embasou a abordagem do conhecimento biológico no âmbito do ensino no século passado e continua a nortear, muitas vezes, os currículos de formação de professores e da educação básica. Uma forma de integrar os conceitos biológicos, como afirmam Meglhioratti, El-Hani e Caldeira (2009), é colocar o organismo como um dos conceitos estruturantes da biologia.

Durante as discussões da obra de Lewontin (2002) no GEBCA, verificou-se que, inicialmente, houve uma aproximação de que o organismo passa a ser considerado como parte ativa da relação genótipo e fenótipo, com a inclusão deste, mas sem estabelecer relações, como pode ser verificado na fala de A6:

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?

Na sequência, os licenciandos foram questionados acerca da variação no número de cerdas de um lado para outro de uma drosófila. Inicialmente, a resposta foi a associação a fatores genéticos, ao ambiente e, após, às interações entre os constituintes celulares. Também, ficou evidente o interesse de participantes do grupo de buscar entender como acontece essa relação entre genótipo, fenótipo e desenvolvimento de um organismo foco. Nesse momento, percebeu-se que, além da inclusão do organismo nas problematizações por parte dos estudantes, houve o início da abertura da caixa-preta sobre o desenvolvimento orgânico, quando estes começaram a estabelecer relações com outros conceitos como ruídos do desenvolvimento:

A7: [...] seres com o mesmo genótipo em um mesmo ambiente pode ter variações fenotípicas, né? E isso se deve a ruídos de desenvolvimento, uma coisa assim, são acho que as alterações. [...]

A1: Então é o gene que está se expressando de forma diferente?

M2: [...] mas o que leva o gene a se expressar diferente?

A1: [...] as interações dentro da célula.

M1: E o que interage dentro da célula?

A1: Tudo! Todas as organelas: os ribossomos [...]

A7: Os ruídos ali [...]

M2: O que são esses ruídos do desenvolvimento?

A6: Casualmente, tem o mesmo material genético, eles conseguem responder de formas diferentes como A7 falou [...] a resposta individual.

M1: Casualmente aonde em que local?

A6: Dentro do organismo.

A1: [...] por que o material de dentro da célula é diferente de uma para outra.

Assim, no diálogo acima, há evidências de (re)construção do conhecimento biológico pelos participantes, como é o caso de A1, A6 e A7, quando nas interações discursivas no GEBCA emitiram falas envolvendo conceitos não presentes em seu questionário inicial, tais como: ruídos de desenvolvimento; resposta individual; casualidade; e, organismo.

Para verificar o estabelecimento de relações pelos estudantes foi problematizada a metáfora “tripla hélice: gene, organismo e ambiente”. Percebeu-se que houve a inclusão do organismo e, ao mesmo tempo, a relação com outros conceitos como gene e ambiente, conforme pode ser observado nos diálogos abaixo:

M1: Na opinião de vocês o que o autor quer dizer com a metáfora da tripla hélice, ao se referir a gene, organismo e ambiente?

A4: Ele quis dizer que é um conjunto de coisas que vai formar a vida [...] que esses três fatores são importantes.

A7: Eu entendi que ele coloca a tripla hélice não se referindo a dupla hélice do DNA [...] 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, uma coisa assim tripla, não só uma sátira, mas uma crítica a dupla hélice.

Nesse sentido, comparando enunciados emitidos nos questionários e durante as discussões da obra de Lewontin, por participantes da investigação, observa-se a inclusão de novos conceitos, conforme exemplos de enunciados, emitidos por A1, A3 e A5 (Quadro 8). Na questão 1, o estudante A1 emite, no primeiro momento, uma visão de organismo como mera expressão do genótipo em interação com o meio, portanto um ente passivo e, (re)construindo sua visão, em um segundo momento, inclui o organismo como ativo na relação. Em relação à questão 2, pode-se inferir que houve a (re)construção de conceitos por A3, no momento em que começa a estabelecer relações entre genótipo e desenvolvimento do organismo, ultrapassando a visão reducionista da biologia como o determinismo genético e reducionismo ambiental. Verifica-se também a ciência da limitação dos conhecimentos construídos e a necessidade de novas construções, como

salienta A5 na questão 3, ao perceber que não consegue explicar as relações entre gene, organismo e ambiente.

Quadro 8 - Exemplos de enunciados emitidos por participantes para uma mesma questão-problema de forma escrita e durante as discussões no grupo.

Questão	Primeiro Momento	Segundo Momento
1. A que se deve as similaridades e diferenças entre indivíduos da mesma espécie? E no caso dos clones?	A1: Tanto as similaridades quanto as diferenças são determinadas pelo DNA (espécies próximas ou distantes) e pelo ambiente. No caso dos clones que possuem DNA igual [...] fica mais visível que também o ambiente interfere nas características.	A1: A gente sempre lembra do DNA, e depois do ambiente e agora vejo que as três coisas (gene, organismo e ambiente) são os responsáveis pelas mudanças e características do organismo e do ambiente. E não que tudo é determinado pelo DNA. E os gêmeos nem são assim tão idênticos.
2. Por que as estruturas que crescem nas laterais de nossa cabeça têm o formato de orelhas e não de pés?	A3: É assim por questões pré-determinadas, pelo ambiente, genes, por cada espécie ter suas características próprias e os fatores limitantes.	A3: [...] além dos genes, eu acredito que a orelha está no lugar da orelha e não do pé, e tem esse formato é por questão embriológica mesmo, por que lá no início as divisões de célula e tudo mais e a partir disso [...] células pluripotentes e tudo mais, elas tem uma determinada função [...] em determinado ambiente tem hormônios ou alguma coisa assim [...] é um processo de sinalização [...].
3. O que Lewontin quer dizer com a metáfora da “tripla hélice” ao se referir a gene, organismo e ambiente?	A5: Todos os três constituem o organismo.	A5: [...] lendo o texto você não consegue mais responder estas questões. Por que ele fala que a evolução não é mais aceita e é um fator limitante para pensamentos mais avançados. E fala que não é só o gene, nem só o ambiente, nem só o organismo que vai estar relacionado, então você tenta responder com o conhecimento que você tem, mas você vê que não tem resposta [...].

Neste terceiro momento do grupo, partiu-se do estudo da epigenética, como uma forma de ampliar o pensamento acerca da relação genótipo-fenótipo, já não restrita apenas ao entendimento de que o genótipo mais o ambiente resulta em um fenótipo. O intuito era a compreensão e inclusão do organismo como ente ativo nesta relação. No entanto, como apontado no Quadro 9, observou-se a necessidade de continuidade nos estudos com enfoque maior em alguns conceitos, tais como do desenvolvimento orgânico¹⁸.

¹⁸ Uma abordagem inicial do desenvolvimento orgânico foi contemplada no GEBCA no ano de

Quadro 9 - Síntese de significação do coletivo do grupo no terceiro momento

O organismo foi incluído, por vezes, na relação entre genótipo e fenótipo. Entretanto, não ocorreu um aprofundamento na compreensão da relação entre o genótipo e fenótipo em uma perspectiva sistêmica, pois alguns elementos-chave permaneceram como caixas-pretas, como é o caso de processos envolvidos no desenvolvimento orgânico.

5.2.4 Os conceitos de gene, genótipo e fenótipo explicitados pelos sujeitos da pesquisa na entrevista final

No presente item a discussão é individual, com base em alguns recortes de diálogos com ideias emitidas acerca da relação genótipo e fenótipo pelos sujeitos da pesquisa durante a entrevista final. Por fim apresenta-se uma síntese de significação pautada na análise da totalidade dos diálogos das entrevistas individuais realizadas.

Para A1 os conceitos de gene, genótipo e fenótipo são de natureza versátil. Salientou também a relevância da problematização na (re)construção destes conceitos.

M1: Bom você está trabalhando com gene, se te perguntar o que é um gene?

A1: Não sei, acho que eu trataria como um conceito versátil [...] pegaria o que está no livro que provavelmente é o molecular clássico: “o gene é um segmento de DNA que vai dar um produto final, uma proteína”. Eu falaria que não é só isso [...] teria que explicar todo o processo de transcrição, tradução e colocar as a outras proteínas envolvidas, os *primers*, e falar será que isto também está envolvido? [...] teria que problematizar [...] tem varias definições [...] tudo tem que ver em que local usar [...].

M1: Na sequência para explicar o que é genótipo. Como você faria?

[...]

A1: Teve uma vez que a gente tratou no grupo de que o genótipo também não é só isso [...] tem as características [...] dos genes presentes [...] não sei como trabalharia [...] teria que ver em que contexto [...] como um conjunto de genes.

Quando questionada, A2 salientou o papel desempenhado de transmissão de características de uma geração para outra. Também os conceitos de gene e genótipo estão

2010, entretanto a apresentação do desenvolvimento, de resultados, bem como as discussões e análises das atividades não foram incluídas na presente tese.

associados à visão de determinismo genético, quando há o controle pelo genótipo de características fenotípicas externas:

A2: Gene é uma sequência específica de ácidos nucléicos, além de ser um dos componentes responsáveis pela transmissão das características de geração para geração. 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.

A3 ao falar sobre os conceitos de gene, genótipo e fenótipo fez uma recorrência a sua reconstrução conceitual durante o período de participação no grupo. Salientou que em sua percepção passou a considerar a influência ambiental e os processos celulares, incluindo fatores epigenéticos, envolvidos na expressão do genótipo em características fenotípicas, o que não acontecia anteriormente à participação no GEBCA.

A3: [...] quando entrei no grupo a questão da epigenética eu desconhecia [...] O gene era um pedaço do DNA que configure alguma característica, conforme elas se expressavam apareciam no meu fenótipo, só isso, para mim as características estavam relacionadas com o gene do DNA a questão da pele tinha influencia do ambiente externo ao meu corpo, não o ambiente externo ao meu núcleo, a minha célula [...] sol, árido, seco – externo a mim. Para mim era só isso [...] e 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 [...]. Eu sabia que existiam as proteínas, as histonas, mas para mim era só para dar formato ao meu cromossomo [...] hoje eu não sei mais direito [...] tem papel estruturante, mas tem um papel genético [...]

M1: O que é um gene?

A3: Não sei mais [...] devido as discussões do grupo [...] a divisão celular não é exata [...] é bem maior do que eu achava antes - do trecho do DNA [...] transcrição, tradução – como coisas certas, agora eu não sei mais.

M1: O que mudou?

A3: Na transcrição do DNA passa para RNA [...] uma sinalização dentro da célula [...] pelos sinais químicos liberados que indicam [...] tem uma relação com fatores como a alimentação também.

A4 assinalou a relevância do estudo da epigenética no seu processo de (re)construção conceitual. Assim, reconheceu que há outros fatores envolvidos, além de DNA e ambiente, na relação genótipo e fenótipo. Entretanto salientou, em alguns momentos, que o genótipo determina o fenótipo. Apresentou como em outros momentos do grupo, a idéia associada ao reducionismo, ao gene como unidade física.

A4: Com a epigenética, eu entendi que não são só os genes que vão influenciar nas características.

M1: Então o que é um gene?

A4: Acho que seria uma unidade física que determina características mas que é influenciado pelo ambiente também, né.

M1: Que unidade física seria esta?

A4: Uma coisa material por que a gente busca algo material para explicação na biologia.

M1: E essa coisa material o que seria?

A4: No cromossomo, na fita de DNA, um gene é um pedaço da fita composto de bases.

M1: Seria somente esta fita de DNA composta de bases?

A4: Eu vejo até as bases nitrogenadas, mais do que isso não consigo ver [...] sei que tem mais coisas juntas pelo que foi falado no grupo, mas eu não consigo ver que tem mais coisas [...] por que até a genética que eu vi, deu para ver as bases nitrogenadas: citosina, guanina, né.

Na sequência do diálogo com a problematização com A4, há um exemplo da gradativa superação de uma visão reducionista. Com a problematização, o sujeito vai recuperando conceitos trabalhados e aprendidos ao longo da discussão, o que evidenciou a construção dos mesmos ao longo do grupo e o obstáculo causado por essa idéia cristalizada.

M1: E o genótipo, o que seria?

A4: É o que vai determinar o fenótipo, né? o genótipo é sei lá, é AA [...] é isso? seria o gene, né, tipo do gene.

M1: O que faz com que você tenha orelhas aqui e não chifres?

A4: (risos) a minha sequencia de bases, não é?

M1: Só isso?

A4: Tem também os outros tipos de herança dos meus pais.

[...]

A4: Também desenvolvimento embrionário [...] distribuição [...] cada célula ativa um gene para mostrar essa característica [...] o que aciona, direciona cada gene eu não sei [...]

[...]

A4: Não é só o genótipo [...] tem a epigenética [...] o gene não determina uma característica ele pode auxiliar a determinar uma característica [...] se o meio externo não propicia [...] não tem a proteína, aí vai ser diferente.

Em A5 observou-se, uma desestabilização conceitual quando diz ter dúvidas sobre os conceitos, mas busca uma localização física para o genótipo, no caso nos cromossomos, mas já não é somente DNA, reconhece o papel de proteínas na expressão fenotípica. Ainda salientou que, passou de uma visão de estagnação para uma perspectiva crítica da relação genótipo e fenótipo. Também apontou a relevância dos fatores evolutivos na expressão genotípica em características fenotípicas.

M1: Mudou a sua percepção de herança biológica do que você pensava antes e o que pensa agora?

A5: [...] não totalmente, as discussões relacionadas [...] não estava só ligada ao gene [...] fiquei com uma visão que vai analisar mais aquilo que eu estou lendo, ficar mais crítico [...] mas assim formar uma concepção minha ficou meio conturbada [...] me tornou mais crítico sobre o assunto.

M1: Se te perguntarem o que é um gene?

A5: Não sei se vou saber explicar [...] um gene é onde estão guardadas as características dos seres vivos.

M1: E os genes?

A5: Estão nos cromossomos.

M1: E eles são compostos pelo que

A5: [...] proteínas [...] e mais alguns materiais [...].

M1: O que faz com que uma orelha seja diferente da outra em uma pessoa, já que a seqüência de bases é a mesma?

A5: (pausa) a exposição ao ambiente [...] ta relacionado a nossa sobrevivência, a questão evolutiva, seria mais vantajoso ter as duas diferentes [...].

M1: O que é o meio externo, interno?

A5: [...] divisão das células de forma diferente [...].

M1: Por quais fatores isso é desencadeado?

A5: Pode ser externo ou interno ao nosso organismo, está desregulado, alterou, respondeu de forma diferente [...].

A6 ao falar sobre sua reconstrução conceitual destacou que no início do grupo possuía uma visão da genética clássica, na qual o genótipo interagia com o ambiente resultando em um fenótipo. Reconheceu que há interações de outros fatores internos ao organismo, além do DNA e do ambiente externo, para a expressão genotípica em um determinado fenótipo. Entretanto, continuou a explicitar a idéia do gene como uma unidade física.

M1: O que é gene?

A6: Gene é a unidade que não tem localização física, ele não especifica [...] vai conseguindo incorporar mais conhecimento, está lá no DNA e em outros lugares [...].

M1: Como era, a relação genótipo e fenótipo, e como é para A6?

A6: Eu fazia a idéia 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 [...].

Já, para A7 quando questionado sobre o seu conceito de gene, genótipo e fenótipo no início das atividades do grupo e ao final, salientou que passou de uma visão fixa dos conceitos à influência ambiental e dos processos celulares, incluindo fatores epigenéticos, envolvidos na expressão do genótipo. No entanto ao tratar especificamente do fenótipo o coloca apenas como a manifestação do genótipo.

A7: Antes eu pensava que o gene era uma parte do DNA que tem uma sequência definida e que era responsável por alguma característica e que tal característica poderia ser influenciada pelo ambiente. Tinha conhecimento de características quantitativas, onde mais de um gene poderia ser responsável por determinada característica. Mas antes de participar do grupo, não achava que a definição de gene (a que eu tinha, por ex.) tinha problemas de limitações, apesar de ter conhecimento sobre interferons também. Nunca tinha parado para pensar que todas essas questões eram problemas para a definição clássica de gene. Hoje penso de uma forma diferente, tento me lembrar das relações do DNA com o restante da célula, que vai interferir na expressão de um gene, pensar que o gene não é uma simples parte do DNA, é muito mais complexo que isso e pensar também que o ambiente pode interferir na expressão do gene e pode também, através daquelas metilações gerar algumas mudanças que podem ser herdadas, algo que eu desconhecia anteriormente. Em relação ao genótipo e fenótipo, acho que não mudou muito do que pensava anteriormente. O genótipo, agora, considero como toda a estrutura celular, as organelas, com as reações que acontecem na célula e não apenas no DNA, mas o fenótipo ainda acho que sejam características que se manifestam devido ao genótipo.

A8 apontou o fenótipo como resultante de interações entre genótipo, organismo e ambiente. Também salientou a relevância da vivência no GEBCA para a sua reconstrução conceitual, já que segundo ele os professores formadores repetem o mesmo discurso conceitual, ano após ano, mesmo que em suas pesquisas utilizem outros conceitos.

M1: Como você definiria hoje o genótipo e o fenótipo?

A8: [...] é complicado por que vai contra o que aprendi na genética, onde aprendi que genótipo é o gene e outros componentes da célula [...] fenótipo do que a gente transparece [...] eu não li muita coisa, só o que vi aqui no grupo [...] o genótipo é uma integração do gene com a célula, da célula com o meio, e ainda do organismo com o meio, é um todo [...] fenótipo o que a gente vê [...].

M1: E o gene?

A8: Assim como os cientistas ainda não sabem eu também não sei. Eu acho que o gene é [...] por exemplo, considerando uma proteína X, independente se o gene está dentro de outra proteína, aquela sequência de DNA faz aquela proteína, mas faz para outra proteína [...].

M1: É somente a sequência de DNA ou tem outra estrutura?

A8: Eu acho que não vai ser só o DNA, mas as interações com o cálcio, por exemplo, ou outras substâncias que tem ali dentro vão contribuir

para a produção de uma proteína [...] também na codificação do gene [...] não tinha essa visão antes de entrar no grupo, até que a primeira vez que me vi discutindo sobre isso foi um dia que dei aula [...] no estágio eu falei que o gene é uma sequência de DNA [...] eu falei para minha orientadora por que era o que eu sabia [...] fiquei pensando por a mais antiga é que vai cair no vestibular ou falo no que está sendo discutido e aí comecei a pensar na questão [...] eu não vi nada na universidade isso me deixa angustiado [...] os professores falam sempre a mesma coisa, um ano após o outro na sala de aula de graduação, mesmo fazendo pesquisa que diferem da sua aula.

A9 apontou a contribuição do grupo para o alargamento de seu pensamento acerca da herança. Reconhece que há outros fatores envolvidos, além de DNA e ambiente (principalmente o externo), na relação genótipo e fenótipo, como o caso da epigenética.

M1: O que caracteriza herança biológica?

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.

M1: Que fatores?

A9: Fatores próprios do ambiente podem alterar [...] o ambiente externo e o interno, mas mais o externo.

M1: Por que mais o externo?

A9: É um ponto de vista [...] não sei ao certo [...] tenho a idéia de que o externo modifica mais [...].

M1: O que acontece entre esse ambiente mais genótipo, o que acontece entre eles, como no caso das cerdas das drosófilas?

A9: Isso pode [...] o meio interno interferiu. Talvez mudanças que tem por fora seria externa [...] uma pequena mudança numa parte do gene, uma coisa assim.

M1: O que é um gene para você?

A9: É uma fita de DNA, tudo que a gente carrega, nossas características [...] talvez deu errado na transcrição para uma cerda diferente.

M1: Além do DNA, tem outros fatores?

A9: Não lembro mais, só lembro da epigenética, mas não sei explicar em detalhes.

Ao comparar os diferentes conceitos apresentados pelos sujeitos entrevistados, conforme Quadro 10, observa-se que A1 ressalta a polissemia dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo. Apenas A8 fez a inclusão de forma explícita do organismo na relação genótipo e fenótipo, o que foi feito de forma indireta por: A1, A3, A5, A6 e A7. Já uma visão processual está presente nas repostas de A1, A3, A4, A5, A6 e A7. Houve menção à epigenética por parte de A3, A4, A7 e A9. A perspectiva evolutiva esteve presente em A5. A visão de que o genótipo em interação com o meio determina o fenótipo, esteve presente em A1, A5 e A9. E de que o genótipo determina o fenótipo esteve presente em A2, A4, A7 e A9. Estes resultados denotam uma pluralidade de conceitos entre os sujeitos

pesquisados. Também a persistência da visão do determinismo genético. Há a clareza para eles, com exceção de A2, da limitação de seus conceitos e possibilidades de alargamento com a abertura de caixas-pretas, como é o caso da epigenética.

Quadro 10 - Síntese de significação individual na entrevista final.

A1	Salientou a polissemia associada aos diferentes contextos de aplicação dos conceitos de genótipo e fenótipo. Entretanto em seus enunciados há predomínio de uma visão com traços da genética molecular.
A2	Atribuiu ao fenótipo, o papel de transmissão de uma geração para outra. Também o papel de controle do fenótipo no desenvolvimento do organismo.
A3	Salientou a influência ambiental e os processos celulares, incluindo fatores epigenéticos, envolvidos na expressão do genótipo em características fenotípicas.
A4	Reconheceu que há outros fatores envolvidos, além de DNA e ambiente, na relação genótipo e fenótipo, como o caso da epigenética. Entretanto salienta, em alguns momentos, que o genótipo determina o fenótipo.
A5	Apontou a relevância dos fatores evolutivos na expressão genotípica em características fenotípicas.
A6	Reconheceu que há interações de outros fatores internos ao organismo, além do DNA e do ambiente externo, para a expressão genotípica em um determinado fenótipo.
A7	Salientou a influência ambiental e os processos celulares, incluindo fatores epigenéticos, envolvidos na expressão do genótipo. Entretanto ao tratar do fenótipo o coloca apenas como a manifestação do genótipo.
A8	Apontou o fenótipo como resultante de interações entre genótipo, organismo e ambiente.
A9	Reconheceu que há outros fatores envolvidos, além de DNA e ambiente (principalmente o externo), na relação genótipo e fenótipo, como o caso da epigenética.

5.2.5 Das certezas a uma visão plural: a (re)construção conceitual dos participantes do GEBCA

Ao retomar o perfil epistemológico e conceitual proposto, no terceiro capítulo dessa tese, observa-se que neste 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. Já no perfil relacionado ao empirismo há uma preocupação com questões práticas da melhoria das linhagens de animais e plantas para fins agrícolas. Em relação ao 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, e por vezes, ocorre a inclusão do ambiente. No racionalismo completo, as noções se tornam mais complexas em relação ao genótipo e fenótipo, com a inclusão de outras noções como herança evolutiva, epigenética e processual. No que tange

o racionalismo discursivo, considera-se a visão sistêmica da relação genótipo e fenótipo, na qual o organismo é incluído, segundo Bachelard (1978) a realização se impõe à realidade imediata. Esta zona oferece, muitas vezes, mais questões do que respostas aos problemas científicos. Além das zonas do perfil epistemológico propostas por Bachelard (1978), acrescentou-se a visão plural, quando o indivíduo reconhece que existem diferentes conceitos para um mesmo termo, e que o seu conceito individual é versátil, possuindo diferentes faces.

O perfil epistemológico e conceitual proposto trata-se apenas de uma aproximação geral, didática e de interesse no trabalho aqui realizado. Tal perfil foi construído a partir das ideias subjacentes nos enunciados dos diferentes participantes durante os encontros do grupo. Ao analisar o Quadro 11 pode-se observar a distribuição das ideias dos sujeitos da pesquisa nas diferentes zonas do perfil epistemológico e conceitual proposto durante os quatro momentos do grupo discutidos anteriormente neste capítulo. Também que 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.

Todos os sujeitos no primeiro momento 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). Sendo que A1, A2, A4, A5, A7 e A9 emitiram enunciados eminentemente situados no racionalismo clássico. A visão de determinismo genético foi expressa por A2, A4 e A9. Do fenótipo como resultado de genótipo mais ambiente por A1 e A5. Já a perspectiva evolutiva esteve presente em A8. A1 salientou a questão do gene ser um conceito versátil, assim o de genótipo também seria. Ideias condizentes com as zonas do racionalismo completo e do racionalismo discurso não foram explicitadas.

Em todos os sujeitos não houve evidências da zona do realismo ingênuo no segundo momento. 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. Quanto ao racionalismo completo, foi evidenciado, mediante a perspectiva evolutiva em A5, a epigenética em A1, e processual em A1 e A7. Estes últimos dois sujeitos apontaram também a possibilidade de ser um conceito versátil.

Quadro 11 - Distribuição de ideias dos sujeitos pesquisados nos distintos momentos de discussão e zonas do perfil epistemológico e conceitual.

Zona do Perfil	Idéia subjacente	Primeiro momento (E1-E5)	Segundo momento (E6-E12)	Terceiro momento (E13-E15)	Quarto momento Entrev. Final
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; 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; 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 ¹⁹ (VP)	Conceito versátil	A1	A1; A7	A3	A1

No terceiro momento houve a permanência de A2 com discurso do determinismo genético. Já A1, A4, A5, A7, A8 e A9 emitiram enunciados condizentes com a idéia de genótipo mais ambiente ser igual ao fenótipo. O racionalismo completo ficou evidente em A5 (perspectiva evolutiva), em A2, A4 e A8 (epigenética), e em A1, A3 e A7 (processual). A zona do racionalismo discursivo apareceu pela primeira vez, com a inclusão do organismo por A1, A3, A5, A6 e A7. A visão plural foi citada por A3.

¹⁹ Na análise, com fins didáticos, incluiu-se a zona de visão plural no Quadro 11 para 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.

Em relação ao quarto momento pode-se evidenciar que A2, A4, A7 e A9 emitiram enunciados condizentes com a visão do determinismo genético. Em A1, A5 e A9 foram encontrados traços relativos ao genótipo mais ambiente ser igual ao fenótipo. No que tange ao racionalismo completo: A5 citou a perspectiva evolutiva; já para A3, A4, A7 e A9 a epigenética é relevante fator a ser considerado; e, para A1, A3, A4, A5, A6, A7 e A8 o fator processual deve ser focado no sistema genótipo-fenótipo. 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.

Como já abordado anteriormente no segundo capítulo da presente tese a análise do perfil epistemológico e obstáculos envolvem o estudo das rupturas necessárias. Na ruptura bachelardiana há dois momentos. No primeiro a possibilidade de corte com algo que se acreditava ser fixo. No segundo, pressupõe-se que exista uma continuidade (de alguma forma) para a qual um momento de ruptura se impõe como forma de modificação e de reorganização do processo de (re)construção conceitual. 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 idéia do geral aparece imediatamente adaptada à idéia 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 idéia 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 Quadro 11, 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, constituem barreira ao ensino formal da herança biológica. Exemplos desse obstáculo podem ser evidenciados no GEBCA 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. Donde 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 traduz-se na procura do caráter 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, em meio a outros conceitos, em A1 e A5.

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 “porquê” 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 idéia 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 físico-químicas.

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 GEBCA, 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 idéia de que a interação entre genótipo e ambiente levam a um fenótipo.

Assim, ao delinear o perfil individual inicial de cada sujeito investigado, bem como sua (re)construção conceitual no percurso do grupo em 2009, 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 individuais²⁰, mas evidenciar em um quadro a distribuição das ideias dos sujeitos investigados (Quadro 12) perante o olhar da pesquisadora autora da presente tese.

Quadro 12 - Distribuição das ideias individuais dos sujeitos investigados.

Sujeito	Primeiro momento (E1-E5)	Segundo momento (E6-E12)	Terceiro momento (E13-E15)	Quarto momento Entrevista Final
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

Ao analisar o Quadro 12 pode-se evidenciar que A1, no primeiro momento explicitou enunciados que condizem com um perfil epistemológico que permeia a zona do realismo ingênuo, do racionalismo clássico e de uma visão plural. No segundo momento, não há evidências do realismo ingênuo, continua o racionalismo clássico e visão plural, com o acréscimo do racionalismo completo. No terceiro momento evidenciou-se que seus enunciados centraram-se no racionalismo completo e no discursivo. No quarto momento seu perfil perpassou as zonas do racionalismo clássico, racionalismo completo, racionalismo discursivo e visão plural.

Em relação ao sujeito A2, observou-se inicialmente, no primeiro momento, enunciados relativos ao realismo ingênuo e racionalismo clássico. Esta última zona do perfil permaneceu no segundo, terceiro e quarto momentos. Sendo que no terceiro momento houve evidências que levam ao racionalismo completo, com o apontamento da

²⁰ Optou-se por não construir perfis individuais para os conceitos de genótipo-fenótipo, como o exposto na Figura 1 no segundo capítulo da presente tese, no qual se apresenta o perfil de massa de Gaston Bachelard. Tal opção se deu pelo fato de a coleta de dados ter ocorrido durante o processo do desenvolvimento do GEBCA em 2009, e não apenas em um momento único, como o sugerido por Bachelard (1978) para a construção de tais perfis.

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, no segundo momento, houve evidências do racionalismo clássico. No terceiro momento, participou dos diálogos do grupo emitindo falas que perpassam o racionalismo clássico, racionalismo completo, racionalismo discursivo e visão plural. No quarto momento foram evidenciados em seu discurso o racionalismo completo e o racionalismo discursivo.

O sujeito A4 apresentou no primeiro momento uma visão condizente com as zonas do perfil epistemológico do realismo ingênuo e do racionalismo clássico. Já no segundo, terceiro e quarto momentos 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 nos quatro momentos. Já o racionalismo completo verificou-se nos três últimos momentos. O racionalismo discursivo nos dois últimos momentos. 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. No segundo momento, seu discurso foi focado no racionalismo clássico. No terceiro e quarto momentos 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. No segundo momento, permaneceu o racionalismo clássico, e houve o acréscimo de ideias do racionalismo completo e visão plural, não denotando a presença do realismo ingênuo. No terceiro momento evidenciou-se a permanência do racionalismo clássico, do racionalismo completo e a inclusão do racionalismo discursivo. No quarto momento, houve evidências do racionalismo clássico, racionalismo completo e do racionalismo discursivo.

Em relação ao sujeito A8 observou-se a presença do realismo ingênuo no primeiro momento, e também foram evidenciado traços condizentes com o racionalismo completo ao discorrer sobre a relação da perspectiva evolutiva na herança biológica. No segundo momento houve evidências apenas do racionalismo clássico. No terceiro momento permaneceu o racionalismo clássico, com a inserção de ideias nos diálogos compatíveis

com o racionalismo completo. No quarto momento permaneceu na zona do racionalismo completo, com a inclusão do racionalismo discursivo.

Em A9 percebeu-se a presença do racionalismo clássico nos quatro momentos. No primeiro houve evidências do realismo ingênuo. No quarto momento, 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 de didático-pedagógica das demais áreas biológicas, como foi abordado no primeiro capítulo. 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 GEBCA 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 GEBCA. 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 alli (2011) da predominância da visão molecular para o caso específico do conceito de gene. No desenvolvimento das atividades no GEBCA, mediante a inserção de conceitos diferenciados de genótipo e fenótipo, as interações discursivas no GEBCA se configuraram como uma possibilidade 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 fluído, que não se apóia 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 (1995) 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.

5.3 Explicitando a relação genótipo e fenótipo à luz da biologia sistêmica

As discussões coletivas no GEBCA, sobre a relação genótipo e fenótipo, nos permitiram pensar o ensino desses conceitos, a fim de possibilitar que os alunos reflitam sobre e problematizem as funções biológicas definidas no âmbito do ensino, de forma a levar a uma ruptura com o pensamento reducionista. Com o intuito de contribuir para a abordagem sistêmica no ensino de biologia da relação entre genótipo e fenótipo propõe-se um modelo explicativo (Figura 5)²¹ como um recurso didático. Neste salienta-se a centralidade do organismo ao longo do desenvolvimento biológico como o resultado das interações com ele próprio, do fenótipo anterior, do genótipo potencial e do seu ambiente.

²¹ Esse modelo explicativo, bem como sua discussão é abordado em Justina, Meglhioratti e Caldeira (artigo em fase de editoração).

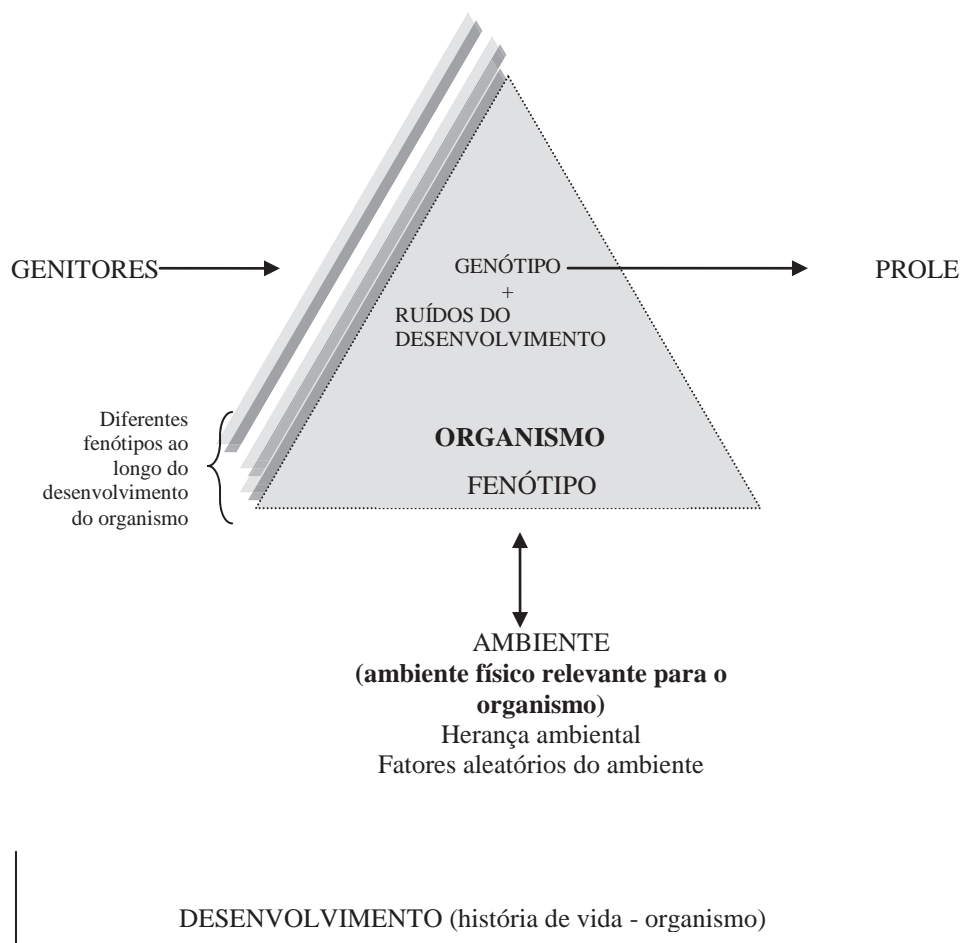


Figura 5 - Modelo explicativo de rede conceitual envolvendo o sistema genótipo-fenótipo de um organismo.

Mediante a apresentação do referido modelo explicativo, pretende-se apontar que a compreensão da relação entre genótipo e fenótipo depende de: (1) considerar o desenvolvimento do organismo como conceito-chave que necessita ser explicitado; (2) compreender o genótipo como flexível em seu desenvolvimento, tanto em aspectos morfológicos como comportamentais – genótipo potencial; (3) considerar o ambiente físico relevante para um organismo foco, incluindo a herança ambiental e os fatores ambientais aleatórios; (4) conceber o fenótipo como variável ao longo do desenvolvimento e dependente do fenótipo anterior ao momento atual; (5) incluir o organismo como ente ativo que modifica o meio e a ele próprio.

Ao propor a delimitação do organismo como foco, os conceitos de genótipo e fenótipo estão situados dentro de uma vasta rede de conhecimentos e não como conceitos isolados. Salienta-se que para compreender os conceitos de genótipo e fenótipo em uma

abordagem que considera as discussões atuais da epistemologia da biologia é preciso conceber o organismo como um sistema em que cada parte atua de maneira correlacionada. Portanto, a caixa-preta do desenvolvimento do organismo precisa ser aberta e seus mecanismos de funcionamento explicitados, a fim de que não se constitua em uma limitação de pensamento à compreensão do conhecimento biológico. Este alargamento conceitual pode levar a (re)construção de conceitos reducionistas, relacionados a gene e a ambiente, em prol de uma visão sistêmica da biologia, portanto mais integrada, no âmbito da formação inicial de professores desta disciplina.

Assim, na perspectiva da biologia sistêmica, e considerando o conceito de gene molecular processual, o genótipo é flexível em seu desenvolvimento, permitindo fenótipos morfológicos e comportamentais diferentes. O fenótipo, por sua vez, depende das relações entre o organismo em seu desenvolvimento e seu meio interno e externo, há, portanto uma sucessão de fenótipos ao longo da vida do organismo em que o fenótipo atual resulta da interação do fenótipo anterior, o meio em que o organismo vive e as ações do organismo sobre esse meio. Neste sentido, a representação da complexa relação entre genótipo e fenótipo em um determinado momento do desenvolvimento do organismo pode ser um recurso útil para a discussão conceitual em biologia. Ressalta-se que a função dos modelos dentro da biologia teórica é dinâmica e não estática (LAUBICHLER; MÜLLER, 2007), ao servir como base para a elaboração de redes conceituais, com significado contextualizado, com indicativos da necessária inclusão do organismo na relação entre genótipo e fenótipo em uma perspectiva da teoria sistêmica do desenvolvimento.

O conhecimento biológico deve ser tratado na Licenciatura em Ciências Biológicas de forma menos fragmentada e reducionista. Uma alternativa de se realizar isto é a problematização de conceitos e a sua retificação. Não basta inserir novos termos/nomenclaturas e deixá-los como caixas-pretas, é preciso reconstruí-los em redes conceituais para vencer as limitações de pensamento. Nesta perspectiva, no próximo item são discutidos alguns pontos referentes ao enfoque do conhecimento biológico na formação de professores.

5.4 A (re)construção de conceitos biológicos na formação inicial de professores

Ao pensar a necessidade de que, nos cursos de formação de professores de biologia, os saberes dos conteúdos específicos da área biológica devam ser construídos pelos alunos (CARVALHO, GIL-PÉREZ, 2009; PERRENOUD, 2000; TRIVELATO, 1995) em uma perspectiva de constante retificação (BACHELARD, 1996). A abordagem por meio de conceitos biológicos problematizados se apresenta como um instrumento potencializador de tal construção, no sentido de ultrapassar as limitações do pensamento acerca da visão fragmentada/reducionista do conhecimento biológico na formação de professores.

No caso da presente pesquisa a (re)construção de conceitos biológicos, refere-se a entrelaces entre a metodologia problematizadora de conceitos utilizada no GEBCA e a abordagem desses conceitos em outros âmbitos da formação inicial de professores. Neste sentido, são discutidos exemplos de enunciados de participantes do GEBCA acerca do estudo de conceitos biológicos realizados no âmbito de sua formação inicial como professores. Os participantes passam a apontar exemplo de quando os conteúdos biológicos possuem uma abordagem fragmentada, e citam momentos em que ocorre a integração de conceitos facilitando o entendimento do conhecimento biológico.

No pensamento de membros dos sujeitos investigados, como é o caso de A5, as discussões do grupo deveriam ser estendidas a outros alunos do curso, como forma de superar a fragmentação do conhecimento biológico.

A5: As questões que temos aqui deveriam ser apresentadas a outros colegas do curso e também aos professores, pois a minha forma de pensar a biologia mudou muito desde que comecei no grupo. Antes eu via uma matéria de cada vez, agora tento pensar nelas juntas para entender como os fenômenos ocorrem.

Esse apontamento corrobora com indicativos presentes na literatura por autores, como Loreto e Sepel (2006), de os professores formadores evitarem ordenar e conduzir discussões sobre temas complexos e polêmicos em genética nos cursos de graduação. Nesta direção, o participante A7 sugere que no Curso de graduação em Ciências Biológicas os conteúdos deveriam ser tratados de forma integrada como fica evidente em sua fala:

A7: Eu acho que deveria ser uma coisa mais conjunta a biologia celular, com embriologia, histologia, uma coisa mais ampla, não separadinho assim, por que daí [...] fica sem sentido para entender o ser vivo.

No GEBCA, ao se ter como ponto inicial de problematização a relação entre diferentes conceitos biológicos, percebe-se que, no decorrer das discussões, elementos como o ensino e a produção científica são colocados em evidência, como pode ser constatado nas falas de A5 e A7 elencadas acima. Salienta-se assim, que o conhecimento biológico pode e deve ser o desencadeador de problematizações que levem à construção de saberes docentes tanto de cunho biológico como didático-pedagógico, na formação inicial de professores de biologia.

Especialmente no que se refere ao ensino da biologia, sabe-se que entender e romper com fronteiras muitas vezes concebidas como fixas e que não representam o conhecimento biológico atual, como é o caso do genótipo associado estritamente ao DNA, não é uma mudança conceitual rápida e fácil, igualmente, demanda a compreensão e assimilação de uma nova visão dos processos biológicos. Conforme já afirmaram Joaquim e El-Hani (2010), não se consegue separar facilmente o gene do DNA, pois esta associação está presente tanto no discurso científico, no âmbito de ensino, como na sociedade.

Acredita-se que tal (re)construção conceitual pode e deve começar nos cursos de formação inicial de professores de biologia. Uma forma de realizar essa mudança é mediante a problematização de conceitos biológicos, pois, conforme Castro e Carvalho (1992), quando um licenciando chega ao ponto de interrogar o objeto de estudo em sua gênese, buscando as razões ou os motivos que o engendraram, tentando acompanhar as modificações que lhe foram feitas ao longo do tempo, ou seja, quando ele dialoga com seus colegas de onde vieram certas ideias, como evoluíram para chegar onde estão ou mesmo questiona os caminhos que geraram tal evolução, de certa forma ele apresenta indicativos de que reconhece tais conceitos como objeto de construção e não como conhecimentos revelados ou meramente passíveis de transmissão.

5.5 Algumas considerações

Somente com o acesso dos professores em formação inicial a novas ideias e formas de conceber a relação genótipo e fenótipo, poderá haver a ruptura com o reducionismo da visão genocêntrica, ou DNA-cêntrica, e/ou determinismo ambiental. Nesta perspectiva, os estudos realizados junto ao GEBCA constituíram-se como uma possibilidade de trabalhar a história e epistemologia da biologia na formação inicial de

professores, 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.

Salienta-se que as discussões coletivas em grupos de pesquisa em epistemologia da biologia, como no caso do GEBCA, 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 em formação inicial estabelecem novas fronteiras de pensamento na compreensão do conhecimento biológico e o seu ensino.

Em relação à análise da evolução conceitual do coletivo dos sujeitos investigados, observou-se que os participantes apresentavam, inicialmente, ideias próprias de uma visão fragmentada do conhecimento biológico, quando se referiam a conceitos isolados, por exemplo, no caso de genótipo (é o DNA) e fenótipo (genótipo + ambiente). Houve uma maior referência às partes e não ao todo (organismo). No momento que os estudantes buscaram significar de forma contextualizada os conceitos de genótipo e fenótipo, houve a inclusão conceitual do organismo e também do desenvolvimento orgânico. Salienta-se que a problematização de conceitos tidos como verdades/permanentes possibilita a (re)construção e o alargamento conceitual, estabelecendo novas fronteiras para o pensamento e concebê-los como provisórios.

Relegar o desenvolvimento do organismo ao papel de caixa-preta para a compreensão da relação genótipo e fenótipo, evidencia uma idéia equivocada que têm constituído um obstáculo epistemológico ao entendimento dos fenômenos biológicos. Ela é a ontogenia concebida como um desdobramento de formas determinadas pelos genes, enquanto sequências de DNA. Embora essa ideia norteie pesquisas científicas e mesmo o conhecimento apresentado no âmbito do ensino de biologia, há a necessidade de uma mudança, haja vista que a relação entre gene, organismo e ambiente é de interdependência e mais complexa.

É preciso que os professores de biologia compreendam, já em sua formação inicial, conforme aponta Tidon (2010), que os organismos não são simples entidades que se encontram adaptados a nichos ecológicos. Pelo contrário, o desenvolvimento dos organismos envolve intrincadas relações entre eles próprios, mas também com seus genes e com a sucessão de ambientes nos quais eles se desenvolvem. Também deve ficar claro

que a complexidade dessas relações, ainda não está bem compreendida pela comunidade científica.

Nesta perspectiva, o modelo explicativo da complexa relação entre genótipo e fenótipo, proposto no presente capítulo, pode ser um recurso útil para a discussão conceitual em biologia, servindo como base para a elaboração de redes conceituais, com significado contextualizado pelos estudantes. A problematização, como fomentadora do estabelecimento de diálogos entre diferentes níveis de pesquisadores (iniciação científica, mestres, doutorandos e doutores). Salienta-se que a (re)construção conceitual, como genótipo e fenótipo, evidenciou a presença de diferentes perfis conceituais entre os sujeitos da pesquisa.

CAPÍTULO 6 - A PERCEPÇÃO DOS SUJEITOS INVESTIGADOS ACERCA DO PAPEL DO GEBCA NA SUA FORMAÇÃO COMO PROFESSORES E PESQUISADORES

As concepções aqui discutidas referem-se a algumas ideias emitidas pelos participantes do GEBCA, compreendendo o questionário inicial, atividades no GEBCA durante o ano de 2009, entrevista individual final, e pesquisa de iniciação científica desenvolvida ao longo dos anos de 2009 e 2010. A apresentação de resultados e discussão no presente capítulo perpassa: comparativo entre as expectativas iniciais e as percepções finais dos estudantes sujeitos da pesquisa enquanto a sua participação no grupo; papel desempenhado, na percepção dos sujeitos investigados, pelo grupo na formação de professores e de pesquisadores; percepções dos sujeitos acerca de (re)construções conceituais durante o desenvolvimento de pesquisa; repercussões do grupo em outros contextos; e, sugestões de possibilidades para superar limitações em trabalhos futuros no GEBCA.

6.1 Expectativas iniciais sobre o grupo *versus* percepções finais

Ao analisar as expectativas sobre a participação no GEBCA, emitidas no questionário inicial, verificou-se que as motivações que levaram os estudantes a participarem do grupo estão relacionadas a: possível contribuição para a realização de pesquisa de iniciação científica (A1; A3; A6); interesse de conhecer a área de história e epistemologia da Ciência (A2; A5; A7); possível contribuição a sua formação enquanto professor (A7; A9); oportunidade de (re)construir conceitos biológicos (A3; A4); participação em um grupo (A6); e, preparação para o mestrado (A8).

Também, na entrevista final, os sujeitos investigados voltaram a destacar os seus interesses iniciais em participar do grupo. Alguns exemplos de enunciados que evidenciam as motivações iniciais para participação no GEBCA e de atendimento a estas expectativas estão apontadas a seguir.

A3: Bom, quando eu comecei era para me ajudar com o trabalho que eu estava fazendo com a M2 [...] eu achei que iria esclarecer algumas

coisas sobre a Ciência que eu tinha uma visão limitada, para saber um pouco mais [...] ter um pouquinho de conhecimento sobre a biologia, outros conceitos que a gente não vê na sala de aula. Então esses eram os meus objetivos principais.

A5: Na verdade quando a professora me convidou para entrar no grupo eu achei interessante a temática de história e filosofia e também como assim tudo que vai acrescentar para o meu conhecimento eu procuro participar [...] e como é uma lacuna no meu conhecimento esta questão eu decidi participar.

A6: Juntos buscar mais conhecimento [...] melhorar minha prática docente [...] e hoje vejo que dá certo [...] quando em uma aula o aluno fala que Lamarck era burro, quando a gente tem uma visão de que a Ciência é construída [...] consegue explicar isso para os alunos [...]. Tinha que colocar essa visão no nosso curso de graduação, por que eu não tinha essa visão antes do grupo [...] não era como em cada tema o aluno da educação básica coloca isso da construção na prova [...] a chance de desenvolver um artigo superou o que eu esperava.

A7: A primeira das contribuições foi em relação a ver a importância de se trabalhar a história da Ciência para o ensino. Agora como bióloga a principal contribuição foi em conhecer a história de algumas coisas e as discussões no grupo que levaram a um grande acréscimo de conhecimentos sobre a biologia.

Na análise das percepções finais ressaltam-se alguns elementos novos em relação às perspectivas iniciais, tais como: o desenvolvimento pelos estudantes do pensamento crítico (A8), reflexivo (A2) e questionador/problematizador (A5); uma visão mais integrada do conhecimento biológico (A6) e mais ampla (A3); e, contato com discussões da biologia teórica (A9). A seguir apresentam-se, alguns exemplos de enunciados que evidenciam esses elementos novos.

A2: Quando eu entrei no grupo achei que fosse assim [...] por exemplo, ler o texto e discutir, mas a gente vai além disso, faz uma reflexão, pega os pontos e vai aprofundando [...] a gente pega a eugenia, por exemplo, a gente vai além da palavra cada um dá sua opinião e vai além da expectativa.

A3: Ajudou a compreender outra parte que eu não conhecia as concepções de como se faz Ciência, os diferentes tipos de pesquisa das diferentes áreas [...] e com os textos do grupo [...] de explicar certas coisas que eu não sabia, como a biometria, ou do que é teoria, fato ou lei – para mim era tudo uma coisa só. Hoje ainda não sei dizer bem certo o que é, mas pelo menos eu tenho uma visão mais ampla. Eu posso não saber delimitar bem ao certo cada uma delas, mas pelo menos sei que existe um campo mais amplo do que a gente vê na sala de aula.

A5: No ensino médio eu tinha uma visão fechada [...] não tinha uma visão mais crítica [...] do que estava na época, a questionar, a pensar o

que tinha por trás [...] os termos que são usados e a gente não sabe o significado.

A8: Contribuiu para a minha formação, para o mestrado [...] eu até pensei se um dia for professor quero fazer um grupo [...] eu gosto disso [...] todos os grupos de pesquisa deveriam ter esse grupo [...] para ampliar o conhecimento, a gente fica mais crítico, a gente consegue ter outra visão, quando saio daqui do grupo, o que não acontecia antes [...] você vê as opiniões do colega, e fica defendendo a sua, e no final você acaba revendo a sua opinião, por que um colega seu fala [...] percebe que não há um pensamento único [...] aumenta o nosso espírito científico, melhora.

Quanto à dificuldade de acompanhar as atividades do grupo foram citados dois pontos por A4, no momento de sua entrevista final. O primeiro se refere à sua incipiente compreensão da história da construção do conhecimento biológico, em especial de evolução. O segundo ponto é que no grupo foi o seu primeiro contato com alguns conceitos, como é o caso de epigenética. Abaixo uma transcrição do diálogo de A4 com M1.

A4: Quando a gente entra num grupo a gente acha que vai construir o conhecimento de forma rápida, mas é lento, é um processo. Acho que o que impediu muito o sucesso do grupo é que a gente não sabia muito, então ficava silêncio, né. Então parece que travava quando a gente tava numa linha de pensamento, por que a gente não sabia alguns conceitos [...] falta de conhecimento de algumas coisas.

M1: Que coisas, por exemplo?

A4: Agora não vou lembrar muito, mas a gente falou em momentos históricos [...] darwinismo e lamarckismo é algo que eu troco muito [...] mas os textos foram bons, o da epigenética achei muito difícil, mas ao final eu consegui entender o que era epigenética.

Outro fator de dificuldade de acompanhamento do grupo foi apontado por A2, ao destacar que seu interesse estava mais voltado a aspectos didático-pedagógicos e não a conceitos biológicos. Isso evidencia, como abordado no primeiro capítulo, que o domínio do conteúdo da área específica apontado como uma necessidade formativa por autores, tais como Carvalho e Gil-Pérez (2009), não é considerado, por vezes, uma das prioridades na formação inicial de professores.

A2: Eu quero mesmo ser professora [...] gosto de pesquisa sobre a sala de aula, de como ensinar [...] tenho um pouco de dificuldade em genética, evolução, essas coisas aí que a gente discutiu no grupo. Mas foi bom, deu para aprender coisas novas.

Quadro 13 - Síntese comparativa das motivações iniciais e as percepções finais em relação ao GEBCA.

Sujeito	Motivações iniciais	Percepções finais
A1	Concebeu o grupo como local de contribuição para a sua pesquisa em ensino de ciências, com enfoque em conceitos de genética.	Destacou o grupo como possibilidade de continuidade de sua iniciação científica e preparação para o mestrado.
A2	Percebeu o grupo como oportunidade de ler e discutir textos sobre história e epistemologia da biologia.	Salientou que o grupo foi além da leitura e discussão, permitiu desenvolver o pensamento reflexivo sobre as questões abordadas, mas que preferiria uma discussão mais do campo didático-pedagógico.
A3	Buscou no grupo a ajuda para superar dificuldades em pesquisa realizada na iniciação científica sobre conceito de Ciência. Também para saber mais sobre conceitos biológicos.	Destacou que ajudou a explicitar concepções de como se faz Ciência, de diferentes tipos de pesquisa. Permitiu uma visão mais ampla de conceitos biológicos do que o abordado na sala de aula da graduação.
A4	Percebeu o grupo como possibilidade de adquirir o conhecimento de forma rápida em biologia, como verdades.	Destacou que faltou o “básico” para construir o conhecimento de forma rápida. Ainda salientou que a ‘sensação’ de ter dúvidas e incertezas geram insegurança, pois não obteve as respostas (verdades) junto ao grupo.
A5	Concebeu o grupo como oportunidade de trabalhar a temática de história e epistemologia por considerá-la como uma limitação no seu conhecimento.	Constatou a oportunidade de desenvolver pesquisa. Salientou a relevância da história e epistemologia da biologia na sua formação ao ir além da história dos livros didáticos. Possibilitou ter uma visão mais crítica. Ajudou na preparação para o mestrado.
A6	Percebeu o grupo como oportunidade de trabalhar em grupo, a ter indicativos para melhorar a prática docente e desenvolver pesquisa na área de ensino de ciências.	Destacou o grupo como possibilidade de ver o conhecimento biológico de forma mais integrada, e fazer relações nas aulas desenvolvidas na educação básica. Quanto à pesquisa permitiu pensar sobre o que é Ciência e separá-la de outras culturas.
A7	Buscou conhecer mais sobre a história da Ciência e qual a importância dela para o ensino.	Ressaltou a possibilidade de estabelecer a relação de se trabalhar a história da Ciência no ensino. Ao conhecer a história de algumas coisas e as discussões no grupo que levaram acrescentar conhecimentos sobre a biologia.
A8	Concebeu o grupo como espaço potencial de contribuição para a formação/preparação para o mestrado.	Salientou a possibilidade do desenvolvimento da criticidade. Também de preparar para o trabalho em grupo, de saber ouvir os outros. De que perceber que a Ciência tem apenas verdades provisórias.
A9	Percebeu o grupo como uma oportunidade que poderia contribuir para a sua formação como professora.	Afirmou que o grupo esclareceu sobre o que é pesquisa, ajudando a ultrapassar a idéia de que pesquisador é quem fica nos laboratórios. Oportunizou discussões teóricas da biologia.

Como já abordado no primeiro capítulo, um dos motivos da não valorização dos conteúdos biológicos é que estes são abordados de forma fragmentada, não estabelecendo

relações entre eles e com o campo educacional. Entretanto como salientado por autores, tais como Trivelato (2005) e Carvalho e Gil-Pérez (2009), o não domínio do conteúdo específico da área de atuação acaba por ser um obstáculo para os professores atuantes na educação básica na adesão de inovações curriculares e didáticas. Consequentemente para a melhoria da educação científica.

Com base nos enunciados presentes no questionário inicial e entrevista final, na sequência apresenta-se uma síntese das ideias, (Quadro 13) dos diferentes sujeitos investigados, emitidas acerca de suas motivações iniciais e percepções finais acerca de suas participações no grupo. Os resultados corroboram o apontado por Caldeira (2009), quando afirma que o grupo constitui-se em um espaço de construir, pensar o conhecimento biológico e significá-lo.

Assim, como discutido no primeiro capítulo do presente trabalho, os resultados legitimam o apontado na literatura, como é o caso de Oliveira et alli (2010), ao apontar o grupo como espaço de construção dos saberes mediante processos de interações discursivas, nos quais os indivíduos participam buscando produzir também nos outros, algumas experiências, já que constitui um local de formação grupal, e auto-formação única em cada sujeito.

6.2 O GEBCA na formação de professores e pesquisadores de biologia

Na análise dos resultados obtidos durante o desenvolvimento das atividades no GEBCA no que se refere às discussões acerca da importância do GEBCA na formação de professores e pesquisadores quatro pontos se destacam nos enunciados dos estudantes. Um deles se refere à inclusão de episódios históricos no ensino. O segundo sobre a visão acerca do conhecimento biológico mais integrado, menos fragmentado. O terceiro fator trata da questão do desenvolvimento do pensamento problematizador por parte dos participantes do grupo mediante a interação e o estabelecimento dos diálogos possibilitados no coletivo do grupo. O quarto aborda as relações entre a pesquisa em/e o ensino de ciências e biologia.

6.2.1 A inclusão de episódios históricos no ensino

Em análise às respostas ao questionário inicial sobre a história da biologia, destaca-se que os sujeitos da pesquisa salientaram um incipiente contato com abordagem histórica e sua relação com o ensino, evidenciando a distância entre os indicativos da pesquisa em ensino, como é o caso de Scheid (2006), sobre a relevância da história da Ciência na formação de professores e o contexto da licenciatura na qual está pesquisa está alocada. A8 destacou que em sua aula de regência recorreu à história de Mendel. A5, A7 e A9 salientaram não ter nenhum conhecimento sobre esta questão, enquanto A1, A2, A4 e A6 destacaram que tiveram alguns contatos com esta temática durante a sua graduação. A3 destacou não conseguir estabelecer relação entre história da Ciência e ensino. Alguns exemplos de enunciados evidenciam tais percepções:

A8: Como professor, dei uma aula sobre as leis de Mendel. Os alunos gostam de saber sobre os famosos cientistas e seus feitos.

A2: Nas aulas de Teoria e Prática a professora explicou que diferentes teorias convivem.

A4: Na disciplina de Teoria e Prática do Ensino de Biologia nós vimos que há falta de compreensão e relação entre: gene, cromossomo e DNA e suas relações históricas e filosóficas.

A3: Já ouvi falar em formação de professores e também em história e filosofia da biologia, mas não consigo unir as duas coisas.

No quinto encontro do grupo o enfoque foi acerca da pesquisa em história da biologia conforme Martins (2005). Neste, as discussões pautaram-se na questão sobre o que caracteriza e qual o lugar da pesquisa em história da biologia na Licenciatura em Ciências Biológicas. No que refere ao levantamento das ideias sobre a história da biologia e o ensino, percebeu-se que os sujeitos tiveram algum contato em uma disciplina didático-pedagógica. Entretanto, quando questionados sobre o que é a história de Mendel, a resposta se restringiu a palavra genética, no enunciado de A2. No entanto há relatos que levam a pressupor algum conhecimento acerca da temática em questão, A1 ressaltou a importância da contextualização e não apenas de uma cronologia histórica. A7 apontou o livro didático como exemplo de tratamento limitado da história da biologia. A8 ressaltou a experiência positiva ao acompanhar uma aula de estágio supervisionado a qual foi norteada por um episódio histórico.

M1: Além desse texto passado para vocês aqui no grupo, vocês já tiveram contato com outros materiais sobre esse assunto?

A2: Sim [...] a M2 passou sobre as distorções que a história dos livros didáticos apresenta: linearidade, fora do contexto e tem mais.

A7: Consensualidade [...].

M2: Tem aquela questão das histórias anedóticas [...].

M1: Quando vocês estavam no ensino médio e mesmo agora na universidade como a história da biologia é apresentada? Por exemplo, sobre Mendel.

A2: Fala sobre genética.

A1: Tem que focalizar o fato e isso não acontece colocam o ano que nasceu e morreu e quem ele foi [...] sem ressaltar a pesquisa em si.

A7: Livro didático já não tem muitas informações sobre qualquer assunto. Então sobre a história da ciência, da biologia, não é diferente [...] eles trazem algumas coisinhas sobre o assunto [...] não é toda a história.

A5: Eles só comentam alguma coisa e fica por isso mesmo.

A1: Eu acompanhei no estágio que o colega trabalhou toda a história de Robert Hooock da célula. E deu tudo certinho por que os alunos viram que deu certo [...] como o cara teve a idéia, mesmo depois que roubou a idéia do outro lá. Relacionando com a biologia celular de hoje com os microscópios atuais [...] eles vão ter condições de entender. Eles viram que é importante saber todo o conteúdo mesmo de forma sucinta.

M2: Você acha que deu resultado interessante a forma que ele trabalhou?

A1: Ele pegou um texto científico e foi lendo e discutindo com os alunos. Ele colocou a fotos do Hooock, do outro também, da luneta e foi encaixando assim as ideias.

M2: Hooock estava interessado na cortiça, não na célula em si [...] não era esse o objetivo dele.

A7: Tem a penicilina também. Eles estavam estudando as bactérias e no final acabaram descobrindo outra coisa.

A1: Quando é abordado de forma contextualizada não tem problema.

M1: O problema é quando colocada a vida de um “herói” em detrimento dos fatos, enfim do contexto [...] contribuindo para o estabelecimento de distorções na visão de ciência.

Quando questionados sobre a relevância da história da biologia na formação de professores e pesquisadores, A7 destacou que falta uma abordagem maior desta questão durante a formação inicial. A5 destacou a importância da abordagem histórica para a ampliação conceitual. A2 ressaltou a importância dessa perspectiva para o desenvolvimento da visão crítica da pesquisa biológica, e para A1 para compreender o que é a pesquisa. Esse diálogo evidencia a percepção dos sujeitos envolvidos da relevância do aporte histórico para compreensão da natureza da Ciência, corroborando o sugerido por autores, tais como Delizoicov (2006) e Giordan e Vecchi (1996), quando apontam o tratamento da história da Ciência como uma necessidade para a educação científica.

M1: E a pesquisa em história da ciência contribui para a formação de professores?

A7: Acho que aqui na faculdade teria que dar uma noção sobre a história, para a gente saber distinguir o que é certo, o que é errado, de como usar a história no Ensino da Ciência. A história que a gente vê é a de Lamarck e Darwin e não é a correta [...].

M1: E para quem faz pesquisa, a história da ciência é importante?

A5: Com certeza a gente passa a ver com outros conceitos, de outro jeito [...] nas áreas específicas ajuda a pensar em contexto e não só que o Hooock descobriu a célula, por exemplo [...] a gente foca que um descobriu tal coisa o outro descobriu tal coisa [...].

[...].

M1: Será que a história da biologia te ajuda a pensar em uma pesquisa, por exemplo, na área biológica?

A2: Você vai ver que tem um conhecimento maior, mais amplo, de forma mais crítica [...] mais aberta [...].

A1: Vai ter mais base sobre o que é fazer pesquisa.

Na sequência, A5 destacou que as discussões do grupo o ajudaram a desmistificar a atividade científica de pesquisadores, como é o caso de Mendel.

M2: Os obstáculos [...] ideias vão e voltam na história.

A5: A gente tem aquela visão de que tudo está pronto e acabado.

M1: Quando o conhecimento biológico é idolatrado [...].

A5: [...] consigo agora ver Mendel com outros olhos, mas sem retirar o mérito dele como cientista.

A questão da história da ciência e sua relação com o ensino foi retomada diretamente, no décimo sétimo encontro, no qual o texto norteador das discussões foi o proposto por Martins (1998). Quanto à escolha de episódios históricos, A4 e A1 destacaram que se deve abordar tanto o que obteve “êxito” como o que deu “errado” no âmbito do ensino.

A3. O que seria mais interessante para o ensino: partir de fatos que deram certo ou que deram errado? Existe como separá-los completamente?

A4: Os dois [...] nada é errado ou certo.

[...]

A1: Dar exemplos dos dois tem que abordar todo o contexto da época, não surgiu do nada. Toda a sociedade propiciou aquilo.

Quando questionados sobre a relevância da abordagem da história da Ciência para a aprendizagem, A4 destacou ser válido. Para A3 tal abordagem ajuda o aluno na formação de sua rede conceitual e que deve ser trabalhada com diferentes recursos metodológicos. A3 também destacou que estudar a história da biologia pode permitir visualizar a biologia não somente experimental, mas teórica também. A relevância da abordagem da biologia teórica é destacada na literatura (por exemplo: WADDINGTON, 1979), como já abordado no segundo capítulo da presente tese.

M1: É importante a abordagem da história da Ciência para o ensino? E para a aprendizagem?

A4: Do ensino de qualquer conteúdo e vale para a aprendizagem ainda mais.

[...]

A3: A partir do momento que a gente passa a entender o contexto, da onde, como e para que aquilo surgiu, fica mais fácil fazer a conexão [...] a rede conceitual, fica mais fácil para o aluno interligar isso não ficam coisas distantes ir encaixando isso. [...] De diferentes formas em diferentes séries pode ser trabalhada a história da biologia. [...] Levar para a sala de aula toda a contextualização [...] de que o eterno e imutável deixa de ser. [...] Estudar a história da biologia me permitiu pensar a biologia não só com experimentos, mas que tem teoria, conceito [...].

A6 destacou a dificuldade dos professores de biologia de manter-se atualizado quanto aos conhecimentos biológicos. Para tanto, A3 colocou como possível solução o fornecimento de materiais no contexto escolar para atualização destes professores quanto à história da biologia, o que exigiria uma mudança de pensamento desses profissionais para mudança de percepção da história da Ciência e ensino. A6 apontou o uso de fontes primárias como possibilidade de informações mais confiáveis. A2 destacou que o texto em estudo no grupo deveria ser repassado a professores e licenciandos em biologia.

A6: É difícil acompanhar a evolução da ciência [...] tanto para nós imagina para um professor na escola.

A3: Ter material bom na escola [...] vai mudar isto [...] se ele tiver consciência disso [...] então essa mudança de pensamento do professor é importante [...] ele vai explicar para o aluno que aquilo que está errado no discurso dele [...] que ele não foi o único [...] que era aquilo que ele estava procurando.

[...]

A3: União do mendelismo com a hipótese cromossômica [...] como falar que um cientista (Morgan) fez se ele nem acreditava nisso [...] como a história é distorcida.

[...]

A6: O uso de fontes primárias é para trazer o mais próximo da minha pesquisa sem alterações [...].

[...]

A2: Esse texto deveria ser passado para todos os alunos [...] e para os professores também [...].

Percebeu-se que no que tange a inserção da história da ciência no ensino, os sujeitos apontaram limitações, as quais já eram apontadas na literatura na década passada, como é o caso de Teodoro e Nardi (1998). Colocam como possibilidade de superação da

falta de material recorrer às fontes primárias, corroborando com Martins (2005), texto trabalhado anteriormente no grupo.

No décimo oitavo encontro discutiu-se um exemplo de material paradidático sobre a proposição do modelo de DNA produzido por Andrade e Caldeira (2008) para professores e pesquisadores da história da biologia e ensino. Neste encontro, A5 reconheceu a presença de uma equipe interdisciplinar na proposição da dupla hélice do DNA. Já A2 salientou a importância deste material ser desenvolvido no ensino médio.

M1: Qual era a formação de quem fez o modelo de DNA?

A5: Foi interdisciplinar físico, químico, etc.

[...]

A2: Esse texto dá para trabalhar no ensino médio, deveria haver mais deste tipo, além deste livro.

Na entrevista final, quando questionados sobre o estudo da história e o estabelecimento de relações com a epistemologia e o ensino, os sujeitos da pesquisa salientaram como uma necessidade formativa dos professores conhecerem parte da história da biologia (A2). Também destacaram a sua relevância no ensino como instrumento facilitador (A5) na compreensão do conhecimento biológico de forma contextualizada (A1) e crítica (A9), como um elemento desencadeador do desenvolvimento do raciocínio (A4). Isto ficou evidente, como por exemplo, nos seguintes enunciados:

A2: Eu acho que é obrigação nossa saber a história da biologia, não digo em detalhes [...] mas acho saber um pouco [...] não saber só o ponto, mas o porquê do nome, das características da época de tal evento [...] enfim saber sobre os eventos mais importantes da biologia.

A5: Muitas vezes a história consegue esclarecer aquilo que o aluno não está conseguindo entender com as explicações, com o professor [...] no caso da zoologia, se começar a disciplina, enfocando a história, se torna mais divertida para o aluno [...] o porquê é aquilo é estudado hoje [...].

A1: Acho muito importante a história dos fatos. É uma maneira de fazer com que os alunos percebam que houve toda uma história que aconteceu [...] que foi de certa forma evoluindo [...] mostrar principalmente no ensino de ciências [...] vem acontecendo [...] sempre tem um começo.

A9: Ajuda a entender melhor a biologia [...] assim quando se pensar em Mendel se vai além das ervilhas [...].

A4: Eu acho importante, até já escrevi isso uma vez, a gente saber como se deu um conhecimento, que não foi de uma forma mágica. Para mim

estava muito distante [...] de como acontecia da relação em cadeia [...] aquilo é do nada [...] a história da Ciência vai ajudar a desenvolver este raciocínio dos alunos.

Os enunciados acima, mediante o desenvolvimento desta pesquisa aplicada junto ao GEBCA, corroboram o explicitado por Mathews (1995) sobre a relevância da abordagem histórica no ensino de ciências. No que tange as limitações foram salientados dois cuidados na utilização da história da biologia no ensino. O primeiro se refere à abordagem adequada de episódios da história da Ciência como um processo histórico e coletivo, corroborando com Martins (1998), como é apontado por A7. O segundo limite colocado, como salienta A8, é que a história da biologia deve ser inserida como um recurso didático e não como um elemento principal de todas as aulas de biologia.

A7: Como dito, hoje eu acho muito importante trabalhar a história da Ciência, mas acho que ela só é válida se for de uma forma “correta”. Às vezes, passando somente algumas informações soltas, sem contexto nenhum, como o nome da pessoa que descobriu, o ano que nasceu e morreu e a cidade em que viveu, como normalmente se encontra nos livros, a história não tem tanta relevância para o ensino. Ela deve ser trabalhada, falando sobre a época, os acontecimentos que levaram a tal pessoa descobrir alguma coisa, se era aquilo mesmo que a pessoa procurava como foi a descoberta, a evolução que teve depois da descoberta. Desta forma o aluno pode entender como se dá o funcionamento da Ciência, sem ter uma visão muito simplista de que tal pessoa foi lá e descobriu algo, aí depois de anos, outra pessoa descobriu outra coisa, desconsiderando a primeira pessoa.

A8: Dentro do possível [...] não todo o contexto histórico, por exemplo, de célula ou de ribossomo [...]. Daí você vai precisar de no mínimo o dobro de anos no ensino fundamental e médio. Só quando for possível, em conteúdos mais amplos [...] como a célula que foi bem discutido o processo de conhecimento, ou as teorias de Lamarck, né?

A história da biologia passou, durante as atividades do grupo no ano de 2009, conforme síntese exposta no Quadro 14, de uma perspectiva do ponto de vista de objeto de curiosidade para um elemento essencial na formação de professores como para outros contextos do ensino de ciências e biologia pelos estudantes-sujeitos da pesquisa, como um recurso didático capaz de possibilitar a compreensão do conhecimento biológico de forma integrada.

Assim, conforme exposto no segundo capítulo dessa tese, a história e o ensino de biologia articulados é uma forma de instrumentalizar os estudantes para o entendimento do conhecimento biológico atual e seus mecanismos de (re)criação. E a inclusão de episódios históricos, como uma das possibilidades de inserção da história da Ciência,

apontada por Prestes e Caldeira (2009), passou a ser considerado como um recurso didático passível de ser utilizado no ensino na perspectiva dos sujeitos pesquisados. Entretanto, não houve nos enunciados indicativos explícitos de aceitação do desenvolvimento da perspectiva de cursos norteados pela história da biologia na formação de biólogos licenciados.

Quadro 14 - Sínteses de significação da visão do coletivo de sujeitos acerca do uso da história da Ciência no ensino durante o desenvolvimento do grupo em 2009.

Momento	Ideias presentes no GEBCA
Questionário inicial	A história da ciência como um objeto de curiosidade, e por vezes desnecessária no ensino. Os conceitos atuais são os que devem ser abordados.
E-5	Percepção da necessidade de transpor as pesquisas em história e filosofia para o contexto de ensino, bem como de realizar mais pesquisas no campo da didática acerca da história da biologia. Consideram que a inserção de episódios históricos no ensino pode ser um instrumento importante para a educação científica.
E-17	Tratar episódios históricos, não somente do que deu certo, mas também do que deu errado no ensino – para ter uma visão mais coerente da Ciência. Estudar a história da biologia permite ver que a biologia não é somente experimental, mas teórica também.
E-18	Ressaltaram o trabalho coletivo e interdisciplinar como inerente às ciências. Também a importância dos trabalhos anteriores na produção científica. Emitiram opinião de que no ensino é importante a história da Ciência como uma ferramenta de entender a natureza da Ciência, mas nem todo conteúdo precisa ser abordado de forma histórica, o importante é o pensar de forma contextualizada da produção daquele conhecimento pelo aluno.
Entrevista final	A história da Ciência passa a ser vista como uma necessidade formativa do professor e pesquisador de biologia. E a inclusão de episódios históricos como um instrumento potencializador da aprendizagem do conhecimento biológico de forma integrada, desde que usada apenas como um recurso didático em aulas de biologia.

6.2.2 Do pensamento disciplinar ao interdisciplinar do conhecimento biológico

Concernente a abordagem do conhecimento biológico, durante as interações dialógicas e no momento da entrevista final, os estudantes destacaram a fragmentação que ocorre durante as disciplinas do seu curso de graduação. Também de suas dificuldades de estabelecerem relações entre um conteúdo e outro. Da relevância do papel desempenhado pelo GEBCA, corroborando o evidenciado por Meglhoratti (2009), no estabelecimento de entrelaçamentos entre as diferentes disciplinas das ciências biológicas. Alguns exemplos de enunciados (A1, A2, A6 e A9) são transcritos na sequência:

A1: Bem separado [...] só no quarto ano que a gente começa a ligar a ecologia à zoologia [...] é complicado depois juntar tudo, entender, para ter uma única visão da biologia. Quando a gente trabalha essa questão da história a gente vê que uma coisa tem relação com a outra, quando a gente tava lá discussão um conteúdo pode ser relacionado com outras disciplinas [...] que tem como [...] com o cladograma da evolução do grupo a gente vê que tanto os grupos de vegetais e de animais estão relacionados [...] quando vê separado na botânica e em zoologia [...] Lá na matéria não fez a relação [...] na evolução é mais fácil de entender, tudo tá relacionado.

A2: Eu vejo que mudou muito a abordagem da biologia na sala de aula da década 50 para cá com a biotecnologia [...] como biologia crítica [...] questionando os alunos sem dar resposta [...] senão perde a graça [...] vou ser professora assim meio radical [...] vou tentar questionar os alunos [...] por exemplo, osmose [...] por que o alface murcha no restaurante [...] vou questionar até um aluno responder que é a osmose que está perdendo a água [...] todo aquele processo [...] todo o problema até chegar a resposta por eles mesmos. Na zoologia tem que ter uma ligação [...] mesmo que não dê para fazer isso [...] uma planta com um animal [...] na universidade é mais difícil do que no ensino médio [...] por que o animal precisa do ecossistema [...] interações biológicas com o meio externo e interno.

A6: Consigo ver mais integrado [...] consigo ver que todo o aprendizado é importante, desde biologia molecular, pepino do mar [...] consigo relacionar diferentes disciplinas e entender melhor, vejo com outros olhos [...] acho que tenho mais maturidade [...].

A9: Em algumas matérias, agora, consigo fazer relações, como anatomia e fisiologia [...] matérias parecidas a gente consegue juntar [...] pensar a biologia como um todo é muito amplo [...] a anatomia envolve outras coisas: embriologia, fisiologia, são várias coisas juntas [...]. Se o professor fizesse problemas que envolvessem os problemas com história, por exemplo, dos vírus em biocelular iria ajudar a compreender melhor. A gente não teve essa abordagem mais histórica no conteúdo, espero que no ano que vem seja diferente.

A abordagem da história e epistemologia no GEBCA também foi apontada como elemento capaz de contribuir para o desenvolvimento do pensamento questionador. Para Bachelard (1996, p.21):

Precisar, retificar, diversificar são tipos de pensamento dinâmico que fogem da certeza e da unidade, e que encontram nos sistemas homogêneos mais obstáculos do que estímulo. Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente melhor questionar.

Durante o desenvolvimento das atividades no GEBCA, os estudantes salientaram a relevância da metodologia problematizadora, corroborando com o exposto por

Delizoicov (2006), com que o grupo foi conduzido durante o ano como imprescindível para o seu desenvolvimento crítico, como fica evidenciado nos enunciados abaixo, destacados de diferentes momentos de discussão coletiva do grupo em 2009:

A2: Tem que ter como espírito de pensador, de filósofo para abrir a cabeça ainda mais na nossa área [...] a gente abrange muita coisa: bactéria até plantas superiores, é muita coisa [...].

A4: [...] eu gostei daquilo que não tinha respostas [...] aquilo me fez pensar muito [...] problemas são bons para pensar [...].

A5: [...] vai me ajudar a buscar alguma coisa sobre história da biologia [...] terei uma direção [...] vai me ajudar a saber como investigar [...] antes minha visão era muito fechada, sem questionamentos.

A6: [...] agora consigo ver graças ao grupo [...] pesquisando o conceito de Ciência é que eu entendi que são diferentes culturas [...] se me falasse só não ia adiantar [...] aprender é difícil, tem que pensar.

A8: Essa idéia continua [...] quando eu cheguei na universidade eu queria que a professora me dissesse o que faltava para descobrir em biologia celular, mas ela dava a idéia de que tudo já tinha sido descoberto [...] não tinha lado esquerdo da mitocôndria para estudar, por exemplo, isso me desanimou [...] eu não conseguia ver que tudo aquilo precisa ser estudado, reinterpretado [...] eu esperava que a professora dissesse isso, mas ela não fez isso [...] ela nunca disse um problema [...] essa foi a principal contribuição da história da biologia no grupo - ver que as coisas não estão solucionadas para sempre, como parece.

Em diálogo, durante a entrevista final, estabelecido entre M1 e A8, percebe-se a relevância da abordagem questionadora do grupo no desenvolvimento da criticidade e potencial problematizador. Recorrendo a Hames e Maldaner (2004), afirma-se que as interações dialógicas estabelecidas entre os sujeitos participantes de um grupo de pesquisa, como o vivenciado no GEBCA, permitem que se desenvolvam e se estabeleçam novas maneiras de conceber os conceitos biológicos, de forma coletivamente construídos e, individualmente, significados e internalizados.

M1: Lembra quando você falou no início do grupo de que se você falasse para os alunos que a ciência muda, perderia a confiança deles?

A8: Ainda estou em fase de transição [...] aos poucos eu vou [...] me transformando [...] a um ano e meio eu assistia televisão e pensava que tudo era verdade e saía espalhando aos outros. Também me sentia melhor que outros por saber Ciência [...] agora com os estudos em ensino de ciências e de filosofia e história da Ciência eu consigo ver de forma diferente [...]. Consigo criticar mais [...] estou melhorando ainda [...] essa pessoa que falou isso estava errada.

M1: As problematizações do grupo contribuíram para essa mudança?

A8: Sim. Talvez se você tivesse me contradito na hora, eu teria defendido as minhas ideias e ficado com elas até agora [...] como me fez perguntas me fez pensar e refletir sobre isso [...] foi diferente.
[...]

M1: Você acredita então que o grupo tenha ajudado os participantes a problematizar o conhecimento biológico?

A8: Eu acho que todos eles, não só aqui, mas eu vi discussões fora daqui, eles falando que tudo tem que ser considerado, que a abordagem histórica ajuda [...] uma coisa mais crítica.

A participação em um grupo de discussão epistemológica da biologia possibilitou um contato maior com as discussões a respeito dos conteúdos científicos e um desenvolvimento crítico de tais informações, ou seja, para os graduandos A1 e A2, o GEBCA facilitou a discussão e a compreensão da biologia como ciência, como pode ser observado nas seguintes falas:

A1: Porque eu acho que é uma oportunidade de conhecer [...] um pouco mais desses assuntos que são discutidos em sala de aula e trabalhando em grupo, fazendo essas discussões a gente tem um conhecimento maior, porque a gente vai aprendendo com as discussões e pegando ideias de outras pessoas e reformulando aquilo que a gente tinha sobre determinado assunto [...].

A2: A gente fica mais crítico em relação aos conteúdos, não fica aquela coisa parada, pronta e acabada, por que tem gente que pega um livro e segue, não questiona, se aquilo está certo ou errado [...] e o grupo faz a gente pensar nisso, será que está certo mesmo? Será que não mudou?

Esta criticidade relacionada ao conteúdo é uma das vantagens que as atividades em grupo proporcionam aos sujeitos envolvidos, no qual o conteúdo passa a ter uma complexidade dentro da disciplina que está inserida, possibilitando um pensamento interdisciplinar, mediante os diálogos estabelecidos nas interações entre os diferentes participantes do grupo, como apontado por Bakhtin (2006) e Tardif (2002), já explicitados no primeiro capítulo. O questionamento das informações, que estão presentes nos materiais didáticos, também é encontrado nos trabalhos de Andrade et alli (2008, 2009), indicando que os participantes, já incorporaram um senso crítico em suas atividades. Ainda Meglhioratti (2009) e Meglhioratti et alli (2008) salientam que o trabalho com um grupo de epistemologia da biologia, mediante discussões coletivas, permite aos alunos a construção de uma percepção dinâmica da Ciência e a formação dos mesmos enquanto pesquisadores, uma vez que, possibilita discutir diferentes

metodologias de pesquisa e uma maior segurança no desenvolvimento de projetos de pesquisa.

Quadro 15 - Síntese de significação da visão do coletivo de sujeitos acerca do desenvolvimento do pensamento interdisciplinar.

Percebem o curso de Ciências Biológicas em que estão inseridos com uma abordagem estritamente disciplinar, com ausência da abordagem interdisciplinar em grande parte das disciplinas. Incluem o grupo como possível espaço para o pensamento interdisciplinar, mediante o desenvolvimento do pensamento crítico e questionador. Indicam que tal abordagem deve ser contemplada no currículo da Licenciatura em Ciências Biológicas.

6.2.3 O GEBCA na formação para a pesquisa

Lüdke (2005) aponta que embora os professores formadores reconheçam a importância da pesquisa na formação dos futuros professores, o fato é que não há ainda um espaço claramente definido para a pesquisa na organização curricular dos cursos de formação inicial de professores. Há ausência de qualquer indicativo de formação para a pesquisa nos cursos de graduação que formam professores, tanto no interior das disciplinas como em projetos de iniciação científica. Os estudantes que realizam pesquisa acompanham os projetos de seus orientadores, geralmente de forma parcial. Enfim há uma preocupação maior, por parte dos professores formadores, pela prática pedagógica do que com a pesquisa na formação dos licenciandos.

Nos primeiros encontros do GEBCA em 2009, foram levantadas as concepções dos sujeitos participantes acerca da percepção da pesquisa acadêmica em Ciências Biológicas e em especial em ensino de ciências. Inicialmente, alguns ressaltaram a pesquisa em tais áreas como eminentemente experimental (A8), e inclusive ressaltaram que as atividades que estavam sendo iniciadas no grupo não se tratava de pesquisa (A1).

A8: Tem que ter experiências, não é só ficar pensando e escrevendo, temos que ir para a prática se quisermos ser pesquisadores.

A1: Por enquanto o que estamos fazendo no grupo não é pesquisa, só quando fizermos coisas novas.

Em contraposição, na entrevista final, como se pode observar no fragmento de fala de A5, estes alunos salientam a relevância do grupo em sua formação enquanto professores e pesquisadores em biologia a.

A5: [...] comecei a participar do grupo por que tinha uma lacuna de conhecimento sobre esse assunto de história e filosofia da Ciência [...] e o grupo ajudou com a discussão de textos em que um falava e outro falava [...] a gente ia lendo e participando da discussão [...] também o trabalho de pesquisa no grupo ajudou bastante a pesquisar mais [...] o pessoal se empolga em discutir com os colegas em cada tema [...] o bom seria se as discussões daqui fossem repassadas para todos os alunos do curso.

Outro ponto salientado foi a formação enquanto pesquisadores, quando o GEBCA passa a ser concebido como espaço de desenvolvimento de pesquisa, como salientaram A1, A2 e A9, corroborando o apontado por Brando (2010), ao ultrapassar a visão de pesquisa restrita a laboratórios de áreas específicas das Ciências Biológicas.

A1: A M1 colocou alguns temas já pensando no grupo e a maioria [...] só o A8 que não conseguiu [...] todo mundo que pegou o tema está gostando [...] todos pegaram o tema e buscaram e investigaram [...] primeiro fiquei pensando [...] aprendi a fazer o projeto [...] eram curiosidades iniciais, como a eugenia de A7 e A9, e estão aí como pesquisas maravilhosas.

A2: Para mim mudou muito [...] quando comecei a faculdade a pesquisa era laboratório. Pegar uma planta, pelar, misturar, eu achava que era isso. Não pensava que a gente aqui no grupo fazia pesquisa [...] na metade do primeiro ano comecei a mudar a visão [...] mas foi o grupo que abriu a minha cabeça [...] se no ano que vem tiver grupo estou dentro.

A9: [...] não tinha muita idéia [...] tipo quem é o pesquisador, eu pensava que era somente quem estava no laboratório. E agora vejo que a gente mesmo, estando discutindo aqui no grupo pode ser pesquisador [...].

Recorrendo a Bachelard (1996) pode-se afirmar que há evidências de ruptura com o obstáculo “quantitativo”, o qual pressupõe a necessidade do tratamento eminentemente matemático no que tange a pesquisa em biologia e de ensino, como apontado no Quadro 16.

Quadro 16 - Síntese de significação da visão do coletivo de sujeitos acerca do GEBCA como espaço de pesquisa.

Visão inicial	Possíveis alargamentos no pensamento
O GEBCA era apenas espaço de estudo e discussão. A pesquisa em biologia era experimental, precisa seguir um método e ter tratamento matemático.	Passaram a conceber o GEBCA como espaço de pesquisa em ensino de ciências. Também reconheceram a relevância de estudos teóricos na biologia.

Como o GEBCA esteve voltado no ano de 2009 a investigações na área de ensino de ciências e biologia, um dos pontos destacados foi a caracterização da pesquisa nessa área.

6.2.3.1 A pesquisa na área de ensino de ciências²²

No decorrer do ano de 2009, com o desenvolvimento das atividades de iniciação científica, percebeu-se que os alunos passaram a considerar como ponto comum que o GEBCA era um espaço de pesquisa, assim buscou-se evidenciar o que caracterizaria essa atividade como uma pesquisa científica na área de ensino de ciências. Nesse momento, os alunos passaram a fazer comparações com outras áreas do conhecimento presentes na biologia e os tipos de pesquisa que se desenvolvem, principalmente a pesquisa experimental.

A6: Primeiro você vai recorrer a um referencial teórico, daí você buscou por metodologias também, um objetivo, aí você vai e faz a pesquisa, né? Coleta seus dados, depois você vai discutir se é pertinente ou não e depois você vai divulgar isso.

A1: Eu vejo como principal diferença o ambiente onde vai ser feito a pesquisa, quando a gente pensa na biologia, para as outras pessoas a pesquisa ela é feita onde? Dentro de um laboratório? Acho que essa é a maior diferença, a pesquisa em ciências humanas e ciências biológicas da área da saúde, porque acaba que tratando de biológicas e da saúde essa pesquisa seja realizada dentro de um laboratório, na maioria das vezes, essa é a concepção que as pessoas têm. E as ciências humanas, pelo que eu já ouvi, ela é muitas vezes feita na frente de um computador, você senta na frente de um computador faz suas leituras, muitas vezes ela é derivada daí mesmo a pesquisa, ou parte para campo, a escola ou um ambiente diferente dessa questão de laboratório, então

²² A percepção dos licenciandos do papel desempenhado pelo GEBCA na formação de professores e para a pesquisa em ensino de ciências foi publicada de forma mais aprofundada em Justina et alli (2010b).

uma das diferenças dessas duas pesquisas seria a forma de como você obtêm os seus resultados. Na área de ensino de que forma você obtêm esses resultados? Através das leituras e da aplicabilidade dessa pesquisa. Se for na escola o seu laboratório é na sala de aula, ou os livros também, eles constituem uma forma de pesquisa. A maior diferença comparada com a biologia a maior diferença seria essa, o ambiente onde se realiza a pesquisa. E acho que na área de biologia (sem ser a de ensino, outras áreas) os resultados tendem a ser mais quantitativos, e na área de ensino mais qualitativos.

Verifica-se que A6 destacou os passos que devem aparecer em uma investigação. Enquanto que A1 diferenciou as investigações em ciências humanas e em ciências biológicas. Apontou para a presença maior do cunho qualitativo nas primeiras e da abordagem quantitativa no caso das segundas. Evidencia-se uma visão de que a pesquisa da área biológica eminentemente experimental, desconsiderando aspectos do desenvolvimento das mais diversas pesquisas que envolvem diferentes etapas, e que não necessariamente ficam restritas a um laboratório.

Também ficou evidenciado o entendimento de que a pesquisa em ensino de ciências pode envolver uma abordagem mais básica (A4) ou ter um cunho de pesquisa aplicada (A2, A1, A7) ao contexto de ensino. Uma resposta presente relacionada à pesquisa básica se centrou em aspectos da produção do conhecimento científico. Em relação à pesquisa aplicada estão aquelas que salientaram a relação da pesquisa da área de ensino de ciências com a realidade escolar. Como afirma Moreira (2005) a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos envolvendo reflexão da prática.

A4: Sim, pois se utiliza de atividades sistemáticas como: observação, problemas, referências bibliográficas, prática e resolução.

A2: Sim, todas as áreas produzem pesquisa científica, como podemos evoluir no ensino se não houvesse pesquisa nessa área.

A1: Sim, produz, pois a partir da idéia que a pesquisa ocorre a partir de problemas no ensino, encontram-se problemas e possíveis soluções, para a fim de melhorar a qualidade no ensino das ciências, assim investiga-se.

A7: Sim, pois pode assumir caráter de pesquisa aplicada à educação e Ciências, o fator determinante será o foco da pesquisa.

Moreira (2004) afirma, que não se deve confundir desenvolvimento didático,

desenvolvimento profissional do professor ou o desenvolvimento organizativo e a gestão escolar com investigação em ensino de ciências, mas todos esses aspectos influenciam na educação em ciências e podem ser enfocados como atividades de investigação se utilizarem um método científico. No caso, a produção de materiais, de “software” educativo e de textos didáticos não necessariamente contribui para o avanço do conhecimento em educação em ciências, conseqüentemente não é uma investigação, ainda que possa ser muito importante para o ensino e a aprendizagem de ciências.

Segundo Villani (1981), Moreira (1988), Moreira (2004) qualquer atividade feita com o único intuito de melhorar a prática em sala de aula ou aumentar a motivação dos alunos como, por exemplo, materiais instrucionais, ênfase em aulas práticas, utilização de novas metodologias, desenvolvimento de currículo, livro-texto, apostilas, problemas ou exercícios discussão, debate ou jogos, não são atividades de pesquisa fundamentais, pois não possuem nenhum tipo de registro sistemático ou pelo menos de reflexão que esclareça de alguma forma, para a comunidade científica, a sua contribuição. Sendo estas atividades classificadas como aplicadas ou secundárias.

Salienta-se que o desenvolvimento de projetos de investigação permitiu aos envolvidos (re)pensar acerca da caracterização da área de pesquisa em ensino de ciências. Embora os sujeitos da pesquisa estivessem envolvidos em momentos privilegiados de enfoque da pesquisa em ensino de ciências, no caso um grupo de pesquisa, houve limitações acerca da separação de atividades de pesquisa científica e do ensino. Neste sentido, ressalta-se a relevância de discutir as relações/limites entre as pesquisas realizadas nesta área e sua influência na formação de professores e no contexto da sala de aula.

No que tange a caracterização da área de pesquisa em ensino de ciências, em face de pluralidade de ideias de grupos distintos, é inegável a urgência de uma clareza maior entre os limites da pesquisa e do ensino, como áreas distintas, de igual relevância, e por vezes complementares.

Concorda-se com Moreira (1988) de que não há uma relação direta entre desenvolvimento profissional, curricular, instrucional com os avanços e recomendações da pesquisa em ensino de ciências. Uma possibilidade de superação de tal distanciamento pode ser a realização de momentos privilegiados, na formação de professores, de abordagens relativas à área de ensino de ciências como no caso de grupos de pesquisa, tais como o GEBCA. Nesses grupos é possível fomentar aos professores formadores e pesquisadores e seus alunos momentos de reflexão que poderão nortear suas ações em

atividades de pesquisa e/ou docência, permitindo assim que se ultrapasse as fronteiras da academia e se possa chegar a diferentes níveis de ensino. Assim, na sequência se apresentam e se discutem alguns dos resultados do desenvolvimento de projetos de iniciação científica realizados no GEBCA.

6.3 A pesquisa de iniciação científica como espaço de articulação entre a epistemologia, a história e o ensino de biologia na formação inicial de professores e pesquisadores

A melhoria do ensino de biologia depende de muitos fatores, mas a pesquisa em ensino de ciências tem muito a contribuir. Como salientou Moreira (1988, p.52) ela “não pode ficar apenas nas mãos de investigadores isolados em universidades. A experiência já mostrou que, assim, os resultados são poucos significativos e não chegam à sala de aula”. Este autor ressalta a relevância de engajar os professores nessa pesquisa, principalmente a pesquisa com fundamentação teórica e epistemológica.

Os dados da pesquisa foram obtidos mediante a transcrição das gravações dos diálogos das apresentações das investigações realizadas pelos sujeitos, entrevistas e materiais escritos. Estes foram organizados de tal forma que permitissem uma análise do pensamento dos licenciandos sobre: as relações epistemológicas traçadas entre a ciência biologia, alguns episódios históricos de sua criação e recriação, o ensino de ciências, e a pesquisa. 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 ciência biologia e seu enfoque na Licenciatura em Ciências Biológicas e na educação básica.

Para tanto são apresentadas e discutidas pesquisas de iniciação científica desenvolvidas por membros do grupo. Inicialmente apresenta-se de forma breve o percurso das atividades de pesquisa. Após pretende-se analisar e discutir os materiais produzidos por duas dessas pesquisas à luz da epistemologia bachelardina quanto a gradativa superação dos obstáculos epistemológicos iniciais e as possíveis articulações estabelecidas pelos sujeitos da pesquisa em relação ao conhecimento biológico em diferentes contextos: epistemológico, histórico e didático.

6.3.1 Desenvolvimento de pesquisas de iniciação científica no GEBCA

Embora um dos objetivos do GEBCA seja a formação para a pesquisa em ensino de ciências por meio do desenvolvimento de atividades de iniciação científica, os licenciandos participantes do GEBCA, em 2009, poderiam escolher por participar ou não de projetos de pesquisa. No decorrer deste ano, foram elaborados e propostos 6 projetos (Quadro 17) por alunos da Licenciatura em Ciências Biológicas e um pós-graduando com a orientação de duas pesquisadoras (M1 e M2). Os temas de pesquisa emergiram das discussões nos primeiros encontros do grupo, considerando os problemas de pesquisa levantados e afinidades dos membros do grupo.

A investigação de P1, acerca da temática “Eugenia”, desenvolvida por A7 e A9 teve como objetivo da pesquisa verificar como o tema “eugenia” é abordado em reportagens de uma revista de divulgação científica nas duas últimas décadas. As reportagens passaram por uma análise de conteúdo, conforme Bardin (2000). Em algumas reportagens foi verificada a presença de ideias eugênicas de cunho discriminatório. Concluiu-se que o tema “eugenia” pode ser um potencializador do pensamento crítico, de professores e alunos, acerca da relação ciência, tecnologia e sociedade. Um aprofundamento da discussão desta investigação será realizada na sequência desta tese.

Na pesquisa P2, acerca da “Sistemática e Filogenia” desenvolvida por A5, realizou-se uma análise qualitativa sobre o conteúdo sistemática e filogenética em cinco livros didáticos recomendados pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio. Verificou-se que entre os livros analisados nenhum utiliza a filogenia como eixo integrador do ensino. Acredita-se que a filogenia como eixo integrador permita uma abordagem comparativa da vida, facilitando os estudos de zoologia e botânica e fornecendo subsídios para a compreensão da diversidade biológica voltado para uma abordagem evolutiva. A ampliação da discussão da investigação P2 será realizada na sequência deste artigo.

O trabalho P3, desenvolvido por A1 e A2 envolveu uma investigação cujo objetivo foi verificar como alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas concebem a pesquisa em ensino de ciências. Para a coleta de dados foram utilizados dois instrumentos: questionário aberto e entrevista coletiva. O primeiro foi aplicado a alunos da disciplina de tópicos específicos da pesquisa em ensino de ciências e aos demais participantes do GEBCA no qual as questões foram discutidas posteriormente em uma entrevista coletiva. A análise dos dados foi norteada por dois eixos de discussão: a

pesquisa em ensino de ciências e seus pressupostos; e a relação entre a pesquisa em ensino de ciências e a formação inicial de professores. Mediante a análise dos resultados pode-se constatar que alguns dos alunos investigados apresentam limitações no que tange à área de pesquisa em ensino de ciências, apresentando em suas respostas atividades de pesquisa em ensino de ciências e atividades de ensino como similares.

Quadro 17 - Pesquisas de iniciação científica desenvolvidas no GEBCA que tiveram início em 2009.

Pesquisa	Participantes	Tema	Objetivo geral	Situação em 2011
P1	A7 e A9	Eugenia: existe raça humana?	Investigar a presença ou ausência de ideais eugênicos na Revista Superinteressante de 1990 a 2009.	Artigo submetido a periódico
P2	A5	Sistemática e filogenia: qual sua abordagem em livros didáticos?	Investigar a abordagem da sistemática e filogenética em livros didáticos de biologia do ensino médio	Artigo publicado em periódico
P3	A1 e A2	O que compreende a pesquisa em ensino de ciências?	Levantar e discutir as concepções de alunos e professores sobre a pesquisa em ensino de ciências	Artigo publicado em periódico; e, trabalho apresentado em evento
P4	A6 e A3	O que é ciência?	Levantar a concepção de ciência de professores e alunos do Curso de Ciências Biológicas	Artigo publicado em periódico
P5	A4 e PG	Problematizações: Verdadeiros problemas abordando a história da biologia	Verificar a percepção de alunos da licenciatura sobre as problematizações para o ensino de biologia/ciências	Tabulação dos dados coletados
P6	A8	Descompassos na abordagem da HFC nos PCNS e Diretrizes Curriculares do Paraná	Verificar a abordagem da HFC em documentos oficiais, incluindo Diretrizes do PR	Não foi dado continuidade

Em P4, A3 e A6 desenvolveram uma investigação que teve como objetivos: discutir o conceito de ciência e seu ensino; investigar conceitos de ciência de professores

formadores e alunos de Ciências Biológicas; analisar o processo de construção conceitual da natureza do conhecimento científico no GEBCA. Os dados foram coletados em quatro momentos: aplicação de questionários a professores de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas; aplicação de questionários a alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas; observações de encontros do GEBCA; entrevistas com alguns membros do GEBCA. A análise dos questionários apontou a presença de visões simplistas dentre os conceitos de ciência identificados. Em relação à amostra de sujeitos do GEBCA, os dados indicaram que no início do grupo os participantes apresentavam visões simplistas da ciência, sendo que no decorrer do grupo visões contextuais do conhecimento científico passaram a ser elaboradas. Estes resultados evidenciaram que uma forma de oportunizar, tanto a professores como alunos, discussões acerca da ciência pode ser mediante grupos de pesquisa em epistemologia da ciência constituídos no contexto universitário.

Na investigação de P5, A4 e PG buscaram investigar se é possível trabalhar com problemas históricos da ciência em sala de aula. Também se investigou se bolsistas de projetos da área de ensino de ciências compreendem o que é um verdadeiro problema. E se na elaboração de verdadeiros problemas eles consideram que a história da ciência deve ser trabalhada de forma a: evitar biografias longas, repletas de datas, sem referência à filosofia e as ideias científicas; mencionar o contexto social e cultural do fato histórico estudado; não mostrar só o que deu certo; e, valorizar as ideias do aluno, para que ele as compare com as que os cientistas tiveram. Esta pesquisa está em fase de tabulação dos resultados, ainda não foram analisados os dados.

Já em P6, A8 escolheu a temática de pesquisa, como estava desenvolvendo outras investigações e era formando não elaborou o projeto e, portanto não desenvolveu a pesquisa.

Das pesquisas elencadas acima foram escolhidas duas (P1 e P2) para análise de seu desenvolvimento na presente tese. Ambas contemplam aspectos da epistemologia (conceitos biológicos), da história, e da didática da biologia. A análise dos dados compreendeu o projeto de pesquisa, a gravação da apresentação para o grupo (E-P1 e E-P2) e as primeiras versões dos artigos para publicação. Pretende-se comparar as ideias iniciais (projeto), a evolução destas (desenvolvimento), e a aplicação dos conceitos envolvidos (artigo).

6.3.2 A pesquisa acerca do tema “eugenia”

O movimento eugênico foi muito influente no final do século XIX e na primeira metade do século XX, a idéia de que se poderia controlar a reprodução humana para melhorar a raça seguia um discurso ideológico que tal melhoria levaria a um “progresso” das nações. Entretanto, ainda hoje é possível perceber um discurso, ainda que mais brando, no qual se busca compreender e possivelmente modificar características dos seres humanos. Um exemplo disso foi o debate ético que se estabeleceu a partir do Projeto Genoma Humano, que levantou a discussão da manipulação genética na espécie humana e suas conseqüências (MEGLHIORATTI; ANDRADE; CALDEIRA, 2010). De acordo com estas autoras as questões ideológicas que envolvem esses fatos devem ser discutidas no contexto escolar e pela população. Dessa forma, os materiais de divulgação científica que são, muitas vezes, utilizados nas situações de sala de aula e/ou adquiridos pela população em busca de informações científicas devem ser investigados quanto ao enfoque dado direta ou indiretamente à questão da eugenia. A teoria da seleção natural surgiu no contexto liberal da Inglaterra, no qual estavam sendo defendidas as ideias de livre-competição. Entretanto, ao mesmo tempo em que a teoria da seleção natural é influenciada pelo contexto da época, sua consolidação e explicação sistemática são utilizadas para justificar o sistema social adotado. Associada à idéia de seleção natural, ocorria uma valoração entre raças e seres humanos. Nesse sentido, defendia-se que os seres humanos diferiam quanto suas capacidades e desenvolvimento intelectual, e que os indivíduos com características “superiores” deveriam ser estimulados à reprodução, enquanto a reprodução dos tipos “inferiores” deveria ser contida.

Os objetivos da pesquisa P1, conforme projeto elaborado por A7 e A9, foram: investigar a presença de ideias eugênicas, ou a menção do termo eugenia em reportagens da Revista Super Interessante; analisar se as reportagens se referem à eugenia positiva ou à negativa²³; e, comparar a década de 1990 com a seguinte, após o Projeto Genoma e a discussão de questões éticas.

²³ A idéia inicial de eugenia positiva é considerada aquela que os principais objetivos estavam centrados em estimular o casamento e a procriação de casais considerados aptos; realizar seleções matrimoniais por meio da seleção de boas linhagens hereditárias; realização de exames pré-nupciais, ou seja, objetivava-se aumentar a freqüência genética de pessoas “eugenicamente aptas”. Já a eugenia negativa estava relacionada com outros aspectos do ideal eugênico, seus objetivos centrais eram limitar casamentos e a procriação dos que eram considerados como não-eugênicos, visando à diminuição do número destas pessoas. Também defendiam um controle governamental sobre casamentos e reprodução, controle de imigração e também a possibilidade de esterilização

Na elaboração do projeto, como não foi uma pesquisa específica da área de história da biologia não se centrou em um fato em dado momento histórico, mas na (re)construção conceitual. A busca do conceito de eugenia desde a sua proposição por Francis Galton, algumas relações desta teoria no decorrer do século XX e aplicações de ideais eugênicos na ciência e na tecnologia atual.

Destacaram-se como pontos limitantes no desenvolvimento da escrita sobre a história da biologia no que tange o conceito de eugenia, foi de ressaltar inicialmente os fatos históricos associados a uma visão negativa das aplicações sociais da ciência, como o nazismo alemão. Também, ressalta-se que inicialmente no coletivo do GEBCA havia a idéia de alguns membros, como foi o caso de A4 e A6, do que a eugenia se aplicava a outros seres vivos além dos seres humanos, confundindo com o conceito de seleção artificial. Outra dificuldade esteve associada ao fato de pesquisadores do GEBCA, não fazerem distinção entre a teoria eugênica e os ideais eugênicos presentes na sociedade.

Neste sentido, perceberam-se algumas dificuldades no desenvolvimento da investigação, por parte de A7 e A9, dentre elas destacam-se: situar e diferenciar a eugenia no contexto científico, do tecnológico e na sociedade (ideais eugênicos); reconhecer, por vezes, as reportagens com cunho eugenista; e, propor a utilização de reportagens da revista de divulgação científica apenas como fonte informação, e não apontando como um recurso didático que precisa ser inserido em uma metodologia de ensino.

Entretanto, constatou-se que estudar e pesquisar o tema eugenia possibilitou a A7 e A9 levar para o contexto do GEBCA fatos históricos associados ao eugenismo no Brasil e outras partes do mundo. Em discussão durante a apresentação (E-P1) para os colegas A7 e A9 colocam sobre as aplicações sociais da teoria eugênica, nos movimentos eugênicos mundiais, conforme transcrição abaixo:

E-P1: Iniciou-se como Eugenia Positiva, com a seleção e orientação de casamentos; e, estimular a procriação dos casais que eram considerados eugenicamente aptos. Com o surgimento da Eugenia Negativa, passou-se ao maior controle governamental sobre os casamentos; desaconselhavam a gravidez em caso de idade materna avançada ou em caso de consangüinidade entre o casal; segregação e esterilização de deficientes mentais; limitavam algumas políticas imigratórias.

Na abordagem para os colegas, em E-P1, A7 e A9 destacaram a eugenia nos dias atuais:

dos considerados degenerados, como os doentes mentais (MAI; ANGERAMI, 2006).

E-P1: Avanços científicos vêm sendo direcionados para a identificação de indesejáveis; utilização de exames que detectam doenças genéticas por companhias de seguro e planos de saúde; Técnicas de diagnóstico pré-natal permitem detectar bebês com problemas genéticos; Difundida a idéia de que é cruel não levar em conta a qualidade de vida e que interromper uma gravidez pode ser um ato de amor. Há várias polêmicas em relação às Novas Tecnologias Reprodutivas Conceptivas (NTRc); Os bancos de sêmen possuem origem vinculada aos ideais eugenistas; As bases teóricas das NTRc foram consolidadas na Alemanha nazista visando tratar arianas inférteis, mas as pesquisas foram feitas em judias em campos de concentração. Técnicas para tornar o espermatozóide obsoleto e produzir gerações de verdadeiras “filhinhas de mamãe”; Fecundação de óvulos sem espermatozóide, usando material genético de qualquer célula do corpo.

Durante a discussão coletiva no grupo, A7 e A9 também reconheceram e apontaram em uma fala de James Watson, traços de ideais eugênicos, quando este afirmou: “Sou fortemente favorável a controlar o destino genético de nossos filhos. Trabalhar inteligente e sabiamente para fazer com que bons genes dominem o maior número de vidas possível é o modo verdadeiramente moral de procedermos.”

O fato de apontar a eugenia em práticas científicas e tecnológicas atuais, e também reconhecer a sua presença no discurso de um cientista evidencia a ampliação conceitual de A7 e A9 em relação ao conceito de eugenia e o estabelecimento de relações entre a evolução conceitual deste conceito e sua contextualização histórica.

Ao final do desenvolvimento da pesquisa, em entrevista individual, quando questionado sobre o significado da pesquisa, A7 argumenta que serviu para compreender melhor o tema e a relevância do mesmo para a educação científica das pessoas em geral.

A7: Eu já conhecia o termo eugenia, mas a primeira vez que vi o termo, não dei a devida importância para ele. Com a discussão do grupo sobre o assunto, retornei a pensar e ver a que se referia à eugenia. Mas foi realmente com as leituras para o artigo que eu me deparei com tantas surpresas. Eu pensava que era algo que tinha acontecido há muito tempo atrás e que hoje não existiam mais as práticas eugênicas. Mas então fui percebendo o quanto esse assunto está mascarado atrás de algumas coisas que são feitas, e consideradas normais, nos dias de hoje. É claro que não é da mesma forma que acontecia anteriormente, mas atrás de algumas técnicas genéticas, como da fertilização *in vitro*, ainda pode-se encontrar muito da eugenia. E vendo filmes como GATTACA, fico pensando será que algo assim, como no filme poderá acontecer um dia? Será que as pessoas têm consciência disso? Na Revista Superinteressante, apareceram algumas reportagens que falavam sobre realizar testes genéticos para contratação em empresas e o preconceito que isto causaria. Mas as pessoas que lêem tal reportagem estão preocupadas com isto? Então com uma pesquisa foi possível perceber

quão atual é este assunto e a importância que tem de deixar claro certas posições que ficam obscuras por trás das coisas. Nós temos que ter consciência daquilo que estamos fazendo e precisamos também refletir sobre as consequências das nossas ações.

Para A9, em entrevista final, houve uma ampliação da compreensão da construção do conhecimento acerca da eugenia, quando compreende que a teoria eugênica na ciência foi proposta por Galton ao final do século XIX, destacando a influência de ideais eugênicos, de cunho social, no fazer científico deste profissional. Isto corrobora com o destacado por Lewontin (2000), a produção da ciência e a construção do discurso científico emergem de proposições ideológicas presentes na sociedade, sendo que também as teorias, leis e conceitos produzidos no âmbito da ciência funcionam para legitimar ideias presentes no contexto social, tratando-se de um duplo processo.

A9: Não havia percebido que os ideais eugênicos já estavam impostos desde o tempo de Darwin (seleção natural, sendo utilizada para justificar as diferenças raciais) e nos trabalhos de Galton sobre a hereditariedade.

Para A9 quando questionada, após o desenvolvimento da pesquisa, sobre a abordagem do tema eugenia no ensino, coloca:

M1: Se fosse dar uma aula sobre eugenia, como faria?

A9: A abordagem seria diferente, com certeza, teria que pesquisar muito. É um tema pouco trabalhado e conhecido no ensino, mas sem dúvida deve ser trabalhado desde Darwin e Galton até a utilização de novas biotecnologias para o melhoramento genético, mostrando aos alunos que muitas teorias que temos hoje, tiveram um embasamento eugênico. Enfatizar os movimentos eugênicos no Brasil e no mundo, que grandes "revoluções" que tivemos foi por conta de ideais eugênicos, como a 2ª Guerra Mundial, Liga Brasileira da Higiene Mental e sanitarianismo.

A abordagem do tema eugenia para A7 é muito relevante para o ensino:

A7: [...] Então, como ainda hoje é possível encontrar, de forma menos explícita, é claro, ideais semelhantes àqueles de mais de um século atrás, acredito que é muito importante tais questões serem abordadas no ensino. Somente desta forma é que as pessoas poderão entender e pensar um pouco mais sobre o que está por trás de certas pesquisas, pensar realmente a fundo nos motivos de existirem certas técnicas genéticas, pensar em para quais finalidades queremos realmente aplicá-las. Eu nunca tinha parado para pensar mais a fundo sobre as finalidades que se pode querer alcançar com a fertilização *in vitro*, por exemplo. Desta forma, sendo o ensino a base para a formação do caráter, dos conhecimentos de uma pessoa, acredito que seja importante abordar

questões mais polêmicas, para que as pessoas tenham a oportunidade de pensar a respeito e decidirem com mais clareza sobre as reais finalidades de certas técnicas. Como tais questões estão completamente ligadas com a história da biologia, desde o estudo sobre Darwin, o surgimento da genética, questões sobre o desenvolvimento da ciência, a abordagem do tema é completamente possível dentro do estudo da história da biologia.

De acordo com os dados coletados durante o desenvolvimento de pesquisa apresentadas pelos alunos A7 e A9, quanto a aspectos didáticos elas discutem como o tema eugenia pode ser abordado no ensino de biologia para promover uma percepção crítica da ciência. No artigo, A7 e A9 argumentam:

É possível perceber que este assunto ainda não foi completamente esquecido. Por trás destas novas técnicas genéticas ainda encontra-se implícitos ideais eugênicos. Porém poucas são as pessoas que têm conhecimento sobre o assunto e conseguem perceber o que realmente se encontra por trás disso. Por isso é importante retomar tal assunto e desvendar inclusive o que se esconde atrás de meios que divulgam sobre as novas técnicas e eugenia. (Artigo)

Verificou-se em A9 inicialmente uma visão limitada da eugenia a sua abordagem como ciência negativa, constituindo como um obstáculo epistemológico da “observação primeira” (BACHELARD, 1996), no qual a eugenia é associada diretamente aos ideais eugênicos do movimento nazista. Com o desenvolvimento do projeto, percebeu-se que houve uma retificação conceitual, e com isso um alargamento do pensamento acerca da eugenia. Ao final da pesquisa, A9 em entrevista individual sobre o significado da eugenia, alegou que:

A9: Eu sabia que existia, não sabia o conceito e onde ela se aplicava. Agora em vários discursos até uma técnica de fertilização *in vitro* é eugenia, antes era o que tinha acontecido [...], era mais história para mim, o nazismo alemão, o sanitarismo no Brasil. Mas agora com as discussões eu vi que ela pode estar em vários lugares, aqui na faculdade tem vários professores que tem discurso eugênico. A maioria de nós tem discurso eugênico. [...].

Ao se comparar as ideias emitidas inicialmente, às ideias (re)construídas ao final do desenvolvimento da investigação P1, percebe-se em A7 e A9, conforme Quadro 18, que o tema eugenia era considerado em termos históricos, como algo do passado, em termos didáticos como não integrante do currículo de biologia. Seu conceito era associado estritamente a questões sociais (ideais eugênicos). Entretanto, na entrevista final

evidenciou-se um discurso de defesa da inclusão deste tema como possível desencadeador de discussões que perpassam a relação ciência, tecnologia e sociedade, no ensino de biologia em diferentes contextos.

Quadro 18 - Síntese comparativa da idéia inicial e alargamento do pensamento acerca de eugenia ao final do desenvolvimento da pesquisa de A7 e A9.

Aluno	Visão inicial	Visão (re)construída
A7	Como um conceito “ultrapassado” no conhecimento biológico. Não integrava o conteúdo de biologia. Restrito a práticas científicas do passado.	Apontou a necessidade das pessoas em geral saberem interpretar informações acerca de práticas de cunho eugenista como as contidas em revistas de divulgação científicas, como é o caso das técnicas atuais como é o caso da fertilização <i>in vitro</i> .
A9	Associava a eugenia estritamente ao movimento nazista alemão e sanitarista no Brasil. Como um exemplo de ciência “negativa”. Como parte do currículo de História Geral. Não era parte integrante da biologia.	Passa a conceber o conceito de eugenia, a práticas positivas e negativas, dependendo do uso que a sociedade faz do conhecimento científico. Reconhece o discurso com traços de ideais eugênicos no meio acadêmico. Incluiu o conceito de eugenia como parte do conhecimento biológico.

Assim, o conceito de eugenia se constituía como uma caixa-preta para A7, enquanto para A9 estava à margem do conhecimento biológico, pertencendo a outro campo do saber. Quando se volta o olhar para o coletivo do GEBCA, conforme Bachelard (1996), havia o obstáculo verbal, quando a eugenia reforçava a imagem radical da ciência na visão dos estudantes. O termo eugenia estava associado a um exemplo de prática negativa da ciência em relação ao ser humano, como o caso do nazismo. Este obstáculo era uma falsa explicação obtida a partir de uma palavra explicativa. Era usada como auxiliar do pensamento, numa extensão abusiva de imagens familiares de discriminação das pessoas consideradas diferentes.

Ainda ressalta-se que, além de fomentar a ruptura com crenças ingênuas relacionadas a ciência e tecnologia, o tema eugenia se constituiu como um poderoso desencadeador de discussões de questões éticas no coletivo do GEBCA. No âmbito do grupo, ao se partir do conhecimento científico relacionadas às tecnologias de cunho eugenista em diferentes momentos históricos, fomentou-se o estabelecimento de relações entre ciência, tecnologia e valores sociais. Esse processo permitiu aos estudantes/pesquisadores pensar sobre “o que é”, “para quê” e o “porquê” de tais construções científicas e tecnológicas, ao formalizar conceitos biológicos e relacioná-los a práticas sociais, como tecnologias disponíveis e também a sua abordagem didática em diferentes níveis de ensino.

6.3.3 A pesquisa acerca do tema “sistemática e filogenia”

Pesquisas na área de ensino de ciências com enfoque no livro didático se justificam, conforme Freitas e Martins (2008), devido à sua penetração junto a um público leitor jovem, e que o livro constitui-se em material de referência, informação e consulta sobre diversos temas para muitos alunos. Embora muitas investigações tenham focalizado a análise de livros didáticos de ciências e biologia nos últimos anos, acredita-se que a abordagem da temática “sistemática filogenética” mereça reflexões que apontem suas limitações e possíveis alternativas para adequação aos indicativos da pesquisa em ensino de biologia, bem como dos avanços do conhecimento biológico. Na delimitação do “recorte” do conteúdo biológico para investigação, partimos da afirmação de Moore (2003) que a ordenação sistemática dos seres vivos pode ser feita de várias formas. Porém a mais conveniente é aquela que tem como objetivo produzir uma classificação “natural”, isto é, uma filogenia que revele a história evolutiva. Nesse sentido, a sistemática filogenética permite aos estudantes visualizarem as relações entre os organismos e identificarem as características que unem seres vivos em determinado grupo, ou seja, possibilita identificar as características que fazem com que um grupo seja válido à luz da teoria evolutiva, sendo um grupo monofilético (GUIMARÃES, 2004).

O objetivo da pesquisa, conforme o projeto elaborado por A5, foi verificar como os livros didáticos estão abordando o tema Sistemática e Filogenia para o ensino médio, qual a linguagem que está presente e se a mesma está correta, observar se há erros conceituais. Verificar também se da maneira como está proposto permite um bom entendimento do aluno, analisando a questão de figuras e gráficos presentes.

O livro didático foi apontado, por A5, como a principal fonte de conhecimento de professores e alunos, como justificativa para a escolha de material a ser analisado.

A5: [...] o livro didático, sendo ele a fonte principal de conhecimento para professores e alunos, precisa ser mais investigado. (Primeira versão do projeto).

Na elaboração do projeto, a história da ciência aparece apenas em uma segunda versão projeto, dois meses após a primeira que não fazia nenhuma referência à história, justificando como critério de análise de livro didático como exposto no fragmento do artigo:

A5: Cuidamos também sobre a questão da Abordagem Histórica do assunto. Pois a história da ciência, muitas vezes ignorada nos livros didáticos, é importante para o professor de ciências e biologia, pois através dela é facilitada a construção dos conteúdos pelos alunos e a própria concepção do que é a ciência. Conteúdos e definições que são fundamentados nas descobertas científicas, só podem ser adquiridos de duas formas: prática de pesquisa (contato com cientistas) ou através do estudo da história da ciência (MARTINS, 1990). Conforme Martins (1998), a história da ciência oportuniza a desmistificação do conhecimento científico, mostrando os passos pelo qual a ciência é construída e as descobertas realizadas. (Segunda versão do projeto).

No desenvolvimento, na apresentação (E-P2) para o coletivo do grupo possibilitou a construção de uma visão pelos estudantes em que apontam a sistemática filogenética como uma forma mais integradora de trabalhar as áreas de zoologia e botânica na graduação. Tanto que os materiais didáticos deveriam ter essa abordagem e os professores a compreenderem para utilizar. Referindo-se especificamente ao Curso que freqüentam apontam que este deveria ter uma disciplina do início da graduação e não como optativa. Como podemos verificar nos diálogos abaixo:

A5: [...] filogenia é a história da evolução de um determinado grupo [...] há a preocupação em introduzir este conteúdo como disciplina na graduação e também no ensino médio e fundamental.

[...]

A3: Aqui na universidade nós temos a disciplina optativa de Sistemática Filogenética. Considero uma perda muito grande não termos na grade. Deveria ser no início da zoologia e da botânica [...] a aula do professor é *show*.

A5: [...] a abordagem comparativa diminui a distância entre os seres vivos [...].

A1: Na sistemática tradicional a gente vai tirando as gavetinhas. Tudo fica separado [...].

Em entrevista realizada em 2009, quando A5 é questionado sobre o significado da pesquisa, este sugere que a mesma contribuiu para a formação de um pensamento mais situado historicamente e em relação ao seu ensino. Também para o seu estudo para o mestrado.

M1: O que representou a pesquisa realizada por você no GEBCA?

A5: [...] tenho outra visão [...] comecei a pensar, a relacionar à história, se aquilo é certo ou errado; e, também a estudar para o mestrado [...] não vejo mais somente aquele ponto, tento relacionar com a época. A pensar por que aquilo é ensinado até hoje.

Na abordagem de aspectos da didática da biologia, A5 assinalou para a sua formação enquanto professor. E seu interesse em estar desenvolvendo aulas com a abordagem da Sistemática Filogenética mais integradora.

A5: Acho que de todas as contribuições que poderia obter com o envolvimento desse projeto, a abordagem do tema no ensino foi a que trouxe mais ganho para minha futura vida de docente, esse trabalho me fez enxergar uma forma diferente de abordar a temática no ensino. A questão da Filogenia que é tanto discutida, mas na prática é pouco exercida. Com certeza na minha primeira oportunidade tentarei abordar esse tema com essa inovação que já é discutida, a propósito, por alguns autores, como forma de abordagem da Sistemática e Filogenética no ensino.

No que tange à abordagem histórica da biologia, embora na apresentação para o grupo (E-P2) houvesse inserido pontos da história da sistemática e filogenética, na primeira versão do artigo a história foi excluída por A5. Entretanto, a história foi inserida em versão posterior do artigo.

Em entrevista, acerca do lugar da abordagem da história no desenvolvimento da investigação, A5 argumenta que além do projeto, as discussões coletivas foram importantes para a compreensão da relação dos fatos históricos por trás de cada conhecimento biológico e a sua relevância para o ensino.

A5: Percebi não somente com esse trabalho, mas também com as reuniões do grupo e as leituras dos artigos, o papel que a construção histórica exerce sobre o ensino, portanto com esse trabalho consegui ver ainda mais o quanto a história pode ser importante e auxilia na aprendizagem. Com certeza para mim foi muito importante, pois me permitiu ter uma maior clareza do fato histórico por trás da Sistemática e Filogenética - uma visão que não possuía até o desenvolvimento do mesmo.

Como sistemática e filogenética, é um tema diretamente relacionado ao campo de investigações de iniciação científica e de mestrado realizadas por A5 em zoologia sobre libélulas, há momentos em que ele reflete e argumenta como os seus estudos no GEBCA contribuíram para a sua formação enquanto pesquisador em zoologia. Ele salientou que a primeira ajuda foi a entender o que é a pesquisa e ampliar o seu campo de visão no desenvolvimento da mesma.

A5: Com esse trabalho eu consegui ainda mais amadurecer o meu conhecimento em Sistemática Filogenética por que automaticamente ao

estar envolvido com o trabalho, os conceitos científicos vão ficando mais claros e vão fazendo mais sentido. Posso dizer com certeza que me ajudou.

Ao comparar a visão inicial e a reconstruída (Quadro 19) verifica-se que A5 passou de uma visão mais isolada da zoologia, para uma visão mais integrada do conhecimento biológico, ao incluir outros seres vivos, além de animais em seus enunciados. Também houve a inclusão da história da biologia, como um elemento potencializador do pensamento crítico sobre o conhecimento biológico, bem como facilitador da aprendizagem da biologia.

Quadro 19 - Síntese comparativa da idéia inicial e alargamento do pensamento acerca de Sistemática Filogenética ao final do desenvolvimento da pesquisa de A5.

Aluno	Visão inicial	Visão (re)construída
A5	Apontou a necessidade de abordagem evolutiva dos conteúdos de zoologia no ensino. Não incluiu a abordagem histórica da biologia nem na sua construção como ciência, nem no ensino.	Passou a incluir além dos animais (zoologia) os demais seres vivos na abordagem de sistemática filogenética em uma perspectiva da biologia como ciência unificada. Colocou a abordagem histórica como uma forma de alargamento do pensamento por parte de professores, pesquisadores e alunos de biologia, para pensar o porquê do ensino de tal conteúdo e também como foi construído.

Em síntese salienta-se que houve evidências de ruptura e descontinuidade, por A5, com algumas visões equivocadas. A primeira esteve associada à “ciência ahistórica” – estava ausente o aspecto histórico (passado) na primeira versão do projeto e na primeira versão do artigo. Aparece na segunda versão do projeto, na apresentação aos colegas e nas ressalvas do discurso oral durante a entrevista. Mas na primeira versão do artigo desaparece. É incluída posteriormente na versão para publicação do artigo. Outra visão equivocada foi a “fragmentação do conhecimento biológico” - a disciplina de zoologia era abordada de forma isolada da biologia, na apresentação e artigo, A5 passou a incluir outros seres vivos e a tratar mais da biologia como ciência unificada na perspectiva evolutiva (filogenia). Já o livro didático era considerado como elemento mais importante no ensino, no contexto da sala de aula, conforme fora explicitado na primeira versão do artigo, passou a ser tratado como um dos recursos didáticos passível de ser utilizado em aulas de biologia.

6.4 Repercussões da participação no grupo e articulações em outros espaços/contextos

Os participantes investigados, durante a entrevista final, foram questionados sobre o fato dos estudos e pesquisas desenvolvidas junto ao GEBCA ter repercussões em outros espaços, todos afirmaram que as discussões têm continuidade nas discussões com colegas de graduação, professores e mesmo outras pessoas, como por exemplo, nas falas de A1, A3, A7 e A8. Também A2 salientou a influência das reflexões do grupo no desenvolvimento de atividades de ensino. Para A9 o grupo foi importante para entender e se posicionar sobre a pesquisa em ensino de ciências.

A1: A gente que sempre comenta [...] na aula de evolução [...]. Um dia o professor estava falando algumas características [...] e perguntou sobre o queixo, e eu falei que o queixo não existe [...] M1 já explicou [...] e vários outros assuntos acho que é bom porque a gente não esquece o que é falado aqui no grupo.

A3: Na prova de genética de populações [...] sobre Darwin [...] e a gente tinha falado sobre o genótipo mais o ambiente era igual ao fenótipo [...] aquilo estava me incomodando no grupo de estudo [...] e aí eu comecei a explicar que existe mais além do DNA [...] o que é um gene. Isso aconteceu por que eu tive que separar da aula por que professor de genética de populações fala uma coisa e no grupo a gente vê outra [...] Meus colegas iam pensar que eu estava ficando louca e precisava estudar para a prova [...] É contraditório com o que a gente vê em sala de aula de graduação [...] a questão histórica de Wallace e Darwin que não partiram do nada [...] deu para ver que os livros eram contraditórios [...].

A7: As reflexões continuavam com os participantes fora daqui e mesmo com outras pessoas.

A8: Discuti com a minha namorada (faz biologia e pesquisa em citogenética de peixes), e hoje ela tem uma visão muito crítica, ela mudou muito [...] com os meus colegas não tenho muito contato [...] e a minha namorada se desenvolveu tanto [...].

A2: Levo, levo sim. Por que acho muito importante que as discussões da nossa área [...] um professor de biologia pensar diferente [...] fazer aula diferente [...] aqui é muito diferente da sala de aula, tipo assim, é uma coisa que a gente faz [...] aqui deveria ser levado para o dia a dia [...] descobrir o outro lado da história aqui no grupo [...].

A9: Sobre a biometria levei para a minha colega que estava estudando para prova. Outra vez em sala de aula sobre o que era pesquisa, e a idéia de colegas de que pesquisa era somente dentro de laboratório [...] ainda

bem que eu tinha em mãos o material aqui do grupo [...] quando me perguntaram que faço pesquisa eu disse que faço sim aqui no grupo.

Recorrendo a Bachelard (1996, p. 309) de que “uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica”, podemos dizer que o GEBCA possibilitou o desenvolvimento do pensamento crítico e dinâmico, ao constituir-se em espaço de (re)construção de visões acerca de diferentes faces da biologia, (res)significando-a, o que resultou em ações em outros contextos.

6.5 Limitações e possibilidades para a continuidade do grupo na perspectiva dos sujeitos da pesquisa

Ao final da entrevista os graduandos foram questionados sobre a possibilidade de continuidade do grupo em anos posteriores. As sugestões apontadas são referentes aos conceitos e às áreas da biologia abordados e o desenvolvimento metodológico do grupo.

A1: Incluir evolução, talvez fisiologia, corpo humano [...] alguma outra área: filogenética, botânica [...].

A2: Tem tanto o que discutir. Genética por ser polêmica [...] por exemplo: conceito - bater na tecla no conceito [...] e depois você abrir para as diferentes áreas na biologia [...]. Em ecologia o professor chega falando em população e a gente fica imaginando e não sabemos o que é o conceito [...]. Unir a história e a filosofia, e ver um conceito ligar os pontos [...] Seria interessante ver alguns filósofos da ciência como ela é construída [...].

A3: [...] diferentes técnicas da genética [...] estão presentes nos meios de comunicação [...] células tronco [...] a terapia gênica [...] clonagem [...]. A astronomia que tem sido trazida na Revista Superinteressante [...]. Essa questão é vista na nossa graduação e depois na disciplina de ciência [...] o que é uma galáxia? quais são os planetas? [...] por que não tem vida fora [...] o plutão não é mais um planeta!

A4: Aristóteles, esses autores mais da antiguidade, seria uma boa [...].

A5: A genética deve continuar por que a gente tem bastante dificuldade [...] relacionado a outras áreas [...] nas disciplinas o enfoque é sem história e sem conceito [...] quando o professor abre para a discussão poucos são os alunos que se atrevem a falar [...] fica muito na parte específica [...] para mim foi assim [...] os encontros com essa metodologia com texto e discussão é boa. Forçar os alunos a discutir, que não parece uma aula, em nenhum momento pareceu uma aula.

A7: Roteiro para nortear leitura dos textos; dar temas diferentes para diferentes alunos para discutir na hora do encontro.

A8: [...] a teoria da evolução [...] não se discute ela na formação [...] a gente não tem como discutir com o professor dessa matéria, ele a trata como verdade absoluta [...] aqui na universidade é um fator crucial discutir que existem outras ideias, limitações [...] coisas novas que estão surgindo [...] compreender a base, o arcabouço da biologia que é a teoria da evolução [...] está ali dentro de tudo [...] a evo-devo. De filósofos, algumas sugestões: Kuhn, Chalmers, Fayrabend, Bachelard, todos eles [...]. Você se torna crítico lendo eles [...].

A9: Além da genética, outras áreas: biologia do cotidiano, por exemplo: coisas mais fáceis, que a gente tenha mais contato, as novas tecnologias [...] ponto de vista nosso, e não aceitar apenas o que eles dão [...] relacionar mais com o cotidiano. Buscar outros autores que falem sobre ciência além do Mayr, outros pontos de vista.

Ao analisar os enunciados acima se percebe que as áreas da biologia são indicadas, para serem abordadas como ponto de partida para as discussões no grupo. Dentre essas áreas estão: genética, evolução, fisiologia. Evidenciou-se que comparando com o exposto inicialmente de fatos associados predominantemente a genética, houve um alargamento das áreas, para outras áreas biológicas, como evolução, fisiologia, anatomia e mesmo astronomia. Também foram sugeridos estudos com epistemólogos da ciência, por A8 e A9, para o desenvolvimento do pensamento crítico.

6.6 Alguns apontamentos sobre os “significados” do GEBCA para os sujeitos da pesquisa

O grupo caracterizou-se por um grande interesse em discutir questões relacionadas à história e epistemologia da ciência. Houve dificuldades, inicialmente pelos membros do grupo em conceber o que estavam fazendo como pesquisa. Também sobre a relevância de fazer pesquisa na formação de professores, ressaltando apenas as voltadas diretamente às atividades vinculadas a escolas da educação básica. Também foi destacada a ausência de tal abordagem nas diferentes disciplinas da graduação.

Entretanto, observa-se que se de um lado os nove licenciandos estudados enfatizam a importância do trabalho coletivo, da troca de ideias com seus colegas e outros participantes do grupo, por outro lado eles lamentaram e criticaram os obstáculos que encontram em sua formação inicial para a construção de um conhecimento biológico

dinâmico, pautado no estabelecimento de diálogos com seus mestres, relação entre os conteúdos das diferentes disciplinas, mediante a problematização de conceitos.

Nesse panorama, em um curso de formação de professores, é relevante que o graduando vivencie a prática de estudos em epistemologia da biologia, seja no interior das disciplinas ou ao integrar o coletivo de um grupo de pesquisa. Entretanto, para ensinar isso a seus alunos, os professores mediadores/pesquisadores, terão de aprendê-lo a fazer também, superando o isolamento da docência universitária e sistematizando um conjunto de conhecimentos sobre o próprio processo de construção curricular em que são os autores.

A presente pesquisa aplicada, mediante o acompanhamento sistemático de um grupo de licenciandos, forneceu indicativos de que a inserção de entrelaces integradores, envolvendo componentes histórico-epistemológico-didáticos, em cursos de formação inicial de professores, tem contribuições a dar à melhoria do ensino de ciências e biologia em diferentes contextos de ensino. Este entrelace oportuniza ao licenciando, não só redimensionar a relação conteúdo-professor-aluno em sala de aula, como também, elaborar ideias que levem a compreensão da dinâmica da produção e da disseminação dos conhecimentos científicos e tecnológicos.

CONCLUSÕES

Acredita-se que em tempos de tantas e tão rápidas transformações, as angústias e os saberes dos futuros professores precisam ser conhecidos e valorizados. Neste sentido, um dos elementos essenciais que se torna necessário (re)construir é a idéia de natureza da ciência. Salienta-se conforme Guimarães (2005), ser impossível desconstruir um conceito biológico sem mergulhar em suas historicidades. Também não há possibilidade de desconstruir algo que não se conhece, com o qual não se está enredado.

Assim a (re)construção conceitual e ampliação de pensamento para além das fronteiras de cada disciplina biológica, com a abertura de caixas-pretas, no âmbito do ensino, deve começar nos cursos de formação de professores de biologia. A investigação da construção de conceitos na história da biologia em momentos privilegiados de discussão de epistemologia da biologia, junto a grupos de licenciandos pode contribuir para um pensamento mais integrado da biologia. Ao se promover reflexões em um grupo de epistemologia da biologia, em que se destaque a relevância e limites da abordagem da história e da epistemologia da biologia, na formação de professores e no ensino, pode-se contribuir para formar professores e pesquisadores que mobilizem conhecimentos nas diferentes áreas que compõem a Licenciatura em Ciências Biológicas, ao pensar o conhecimento biológico e didático-pedagógico de forma mais integrada.

O contexto de espaços privilegiados, como é o caso do GEBCA, vem apontar uma possibilidade de superação de algumas limitações na formação de professores em um ensino voltado para a educação científica, elencadas por autores, como é o caso de Mortimer (2000, p. 364-365):

Os currículos de formação de professores nas áreas de ciências físicas, químicas e biológicas não tem, normalmente, disciplinas para a discussão dos pressupostos epistemológicos da ciência e do ensino. Discutir aspectos sobre desenvolvimento do conhecimento científico [...] critérios de verdade e falsidade, características das metodologias científicas, relação entre ciência e senso comum, etc., nos parece fundamental para auxiliar o professor a lidar com os desafios de um ensino mais centrado no aluno.

A epistemologia histórica como elemento norteador das atividades no GEBCA, constituiu-se como uma forma de inclusão de episódios históricos na formação inicial de professores, no que se refere à prática de grupos de discussão coletiva. Neste contexto, com a inclusão da abordagem histórica e epistemológica para a discussão conceitual da

relação genótipo e fenótipo, entre outros conceitos biológicos envolvidos neste sistema, foi possível desencadear discussões que potencializaram uma visão mais contemporânea acerca da natureza da ciência, em especial do conhecimento biológico. Trata-se de uma construção dinâmica, sempre inacabada, na qual há sempre caixas-pretas a serem abertas para a compreensão da biologia.

Em relação ao desenvolvimento de projetos de pesquisas realizado no GEBCA, corroborando com Maldaner ao se referir a trabalhos com grupos de formação, conclui-se:

A própria pesquisa se constitui em instrumento de mudança para os fins coletivamente definidos. É, portanto, meio e mediação de mudança. Por meio dela outros instrumentos são usados, como a reflexão na ação, a reflexão sobre a prática, as teorias pedagógicas, as teorias de produção da ciência, a interação no grupo e, principalmente, a linguagem como forma de ação comunicativa, de organização do pensamento, de constituição de sujeitos e do planejamento de novas ações (MALDANER, 2006, p. 31).

Assim, destaca-se o papel relevante da pesquisa como exercício didático e como um elemento a mais na construção da autonomia dos licenciandos com os quais foi trabalhado nos anos de 2009 e 2010. Primeiramente, reconhecendo a importância de que a formação do professor e pesquisador encontre, em sua formação inicial, um espaço curricular para a prática da pesquisa em todas as suas etapas de desenvolvimento. Do ponto de vista intelectual, a experiência de desenvolver um projeto investigativo, estabelecendo entrelaçamentos entre o conhecimento biológico e a didática, por meio da problematização de conceitos biológicos e suas relações com o ensino. Neste contexto, o GEBCA foi uma situação de aprendizagem “interdisciplinar significativa” (PERRENOUD, 2000) para os licenciandos envolvidos, mediante a vivência de um processo de interação dialógica no interior do grupo e (re)significação individual.

No coletivo do GEBCA ressalta-se a (re) construção da visão de ciência e de biologia dos sujeitos da pesquisa. Na análise das primeiras ideias evidenciou-se a percepção da natureza da ciência como imutável, com exceção da biologia. Essas mudanças no conhecimento biológico foram associadas inicialmente exclusivamente à área de genética. Outras áreas biológicas foram incluídas no processo, mediante as abordagens interdisciplinares no desenvolvimento das atividades do grupo. Ao final do grupo houve a inclusão de novos elementos no discurso acerca da natureza da ciência como construção coletiva, dinâmica e situada historicamente. Os sujeitos investigados

apontaram também a relevância da inclusão da abordagem histórica no âmbito do ensino, especialmente na graduação, para o entendimento pelos alunos da construção do conhecimento científico, ou seja, da natureza da ciência.

No que se refere à (re)construção conceitual do sistema genótipo-fenótipo observou-se na coleta inicial a predominância de emissão de ideias relacionadas ao realismo ingênuo, 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 GEBCA, houve a inserção do discurso pautado no racionalismo clássico, em que houve 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.

Na análise dos enunciados dos participantes do GEBCA evidenciou-se que a relevância da participação no grupo para sua formação como pesquisadores e professores, na percepção deles, esteve relacionada, dentre outros fatores, a:

- 1) **problematização conceitual:** o grupo se constituiu em espaço para o desenvolvimento do pensamento interdisciplinar, mediante a abordagem questionadora, possibilitou o estabelecimento de relações de diferentes conceitos biológicos em seu contexto epistemológico, histórico e no ensino.
- 2) **inserção da abordagem histórica:** o estudo da história da ciência que era considerado como algo acessório, desnecessário no ensino de biologia, passou a ser concebido como um elemento potencializador da compreensão da natureza da ciência e mesmo para a (re)construção de conceitos biológicos,

tanto no âmbito da educação básica como na formação de biólogos licenciados.

- 3) **desenvolvimento de projetos de pesquisa em ensino de ciências:** a pesquisa em ensino de ciências passou a ser percebida como área de pesquisa acadêmica e também como diferenciada das atividades de prática de ensino.
- 4) **trabalho em grupo:** a troca de ideias nas discussões coletivas foi percebida como elemento desencadeador, no âmbito individual, de (re)significações conceituais e de percepções acerca da ciência e da biologia.
- 5) **desenvolvimento do pensamento crítico:** a oportunidade de visualizar, de ter diferentes perspectivas para um conceito, como o caso da relação genótipo-fenótipo, ao longo de sua (re)construção histórica, possibilitou perceber que o conhecimento não é estático, mas dinâmico.

Considera-se que houve aprendizagem do conhecimento biológico e de suas relações com a pesquisa e o ensino, por parte dos participantes do GEBCA, pois foi possível evidenciar um alargamento do sistema conceitual dos sujeitos participantes. Como já exposto anteriormente nesta tese, com base em Pozo (2005), construir conhecimento não implica substituir as visões anteriores, mas multiplicar as possibilidades epistêmicas desses conceitos e, finalmente, integrá-las em uma visão plural que re-descreva as relações entre esses componentes num novo sistema, no qual o conhecimento científico não pode substituir outras formas de saber, mas pode, sim integrar hierarquicamente algumas delas, explicando-as de um nova forma, e por vezes, promovendo rupturas.

No que tange aos indicativos para novas pesquisas, ressalta-se a relevância de investigações com grupos de pesquisadores em epistemologia da biologia envolvendo professores da educação básica, licenciandos e professores formadores das áreas específicas. Concorde-se com Tardif (2002, p. 238) que é necessário que se pare de ver os professores de profissão como objetos de pesquisa e que eles passem a ser considerados como sujeitos do conhecimento. Passam “assim a serem colaboradores e até mesmo co-pesquisadores”. No que tange à área de pesquisa de ensino de biologia, destaca-se que as investigações envolvendo o levantamento de concepções prévias acerca do conhecimento biológico devem considerar que o conceito de um mesmo indivíduo possui diferentes faces. Assim, a análise envolve sujeitos detentores de visões plurais. Também deve ser considerado o espaço no qual a pesquisa é alocada/realizada, em que os sujeitos emitem

seus enunciados, pois de acordo com Bakhtin (2006), o contexto é parte das interações dialógicas.

Essa pesquisa possibilitou evidenciar que o conhecimento biológico, seu ensino e a formação de professores são enfocados na Licenciatura em Ciências Biológicas, sob o ponto de vista do coletivo dos sujeitos da pesquisa, na maioria das vezes de forma fragmentada. Com alguns exemplos de abordagens mais integradoras. Neste panorama, aponta-se um desafio a ser ultrapassado na Licenciatura em Ciências Biológicas. As discussões de cunho interdisciplinar, de trabalho coletivo e de iniciação à pesquisa não podem ficar restritas a um grupo, mas precisam ser encontrados meios de que realmente estas e outras necessidades formativas de licenciados em biologia encontrem espaços curriculares em sua formação inicial.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. *Dicionário de filosofia*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- ABRANTES, P. C. C. Problemas metodológicos em historiografia da ciência. In: WALDOMIRO, J. (ed.) *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcadia/UCSAL, 2002. p. 51-91.
- ACEVEDO DÍAZ, J. A. El estado actual de la naturaleza de la ciencia em la didactica de las ciencias. *Eureka Enseñanza Divulgacion Científica*, 5(2): 134-169, 2008.
- ALLCHIN, D. Naturalizing as an error-type in Biology. *Filosofia e História da Biologia*, 3: 95-117, 2008.
- ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. Um exame histórico-filosófico de biologia evolutiva do desenvolvimento (evo-devo). *Scientie Studia*, 8 (1): 9-40, 2010.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J. Usos e abusos dos estudos de caso. *Cadernos de Pesquisa*, 36 (129): 637-651, 2006.
- ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (2), 2002.
- ANDRADE, J. J.; SMOLKA, A. L. B. A. construção do conhecimento em diferentes perspectivas: contribuições de um diálogo entre Bachelard e Vigotski. *Ciência & Educação*, 15(2): 245-68, 2009.
- ANDRADE, M. A. B. S. A epistemologia da biologia na formação de pesquisadores: compreensão sistêmica de fenômenos moleculares. 233 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.
- ANDRADE, M. A. B. S.; BRANDO, F. R.; MEGLHIORATTI, F. A.; JUSTINA, L. A. D.; CALDEIRA, A. M. A. Epistemologia da Biologia: uma proposta didática para o ensino de Biologia. In: ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. (Orgs.) *Práticas integradas para o ensino de Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2009. p. 13-36.
- ANDRADE, M. A. B. S.; CALDEIRA, A. M. A. O modelo de DNA e a biologia molecular: inserção histórica para o ensino de biologia. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 139-165, 2010.
- ARAÚJO, A. M. Síntese evolutiva, constrição, ou redução de teorias: há espaços para outros enfoques? *Filosofia e História da Biologia*, 1: 5-18, 2006.
- ARAÚJO, A. M. O salto qualitativo em Theodosius Dobzhansky: unindo as tradições naturalista e experimentalista. *História, Ciências, Saúde*, 8 (3): 713-726, 2001.

ARAÚJO, E. S. N. N. de; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A.; Divulgação e cultura científica. IN: ARAÚJO, E. S. N. N. de; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. (Orgs.). *Divulgação científica e ensino de ciências: estudos e experiências*. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 15-32

ASTOLFI, J-P; DEVELAY, M. *A didática das ciências*. 4. ed. Campinas: Papirus, 1995.

AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A.; CALUZI, J. J.; NARDI, R. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. *Ciência & Educação*, 10(2): 277-289, 2004.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica-tecnológica para que? *Revista Ensaio - Pesquisa em Educação e Ciências*, 3(1), 2001.

AYRES, A. C. M. As tensões entre a licenciatura e o bacharelado: a formação de professores como território contestado. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. R. (Orgs.) *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Rio de Janeiro: EdUFF, 2005. p.182-197.

BACHELARD, G. *A epistemologia*. Lisboa: Edições 70 LDA, 2006.

BACHELARD, G. *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. São Paulo: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. São Paulo: Contraponto, 2004.

BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. Lisboa: Edições 70, 1982.

BAKHTIN, M. *Marxismo e filosofia da linguagem*. 12 ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2000.

BASTOS, F. Formação de professores de biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAÚJO, E. S. N. N. (Orgs.) *Introdução à didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2010. p. 58-70.

BASTOS, F. História da ciência e pesquisa em ensino de ciências: breves considerações. In: NARDI, R. et alli. (Orgs.) *Questões atuais no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras, 2005. p. 43-52.

BASTOS, F.; NARDI, R.; DINIZ, R. E. S.; CALDEIRA, A. M. A. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências: revisitando os debates sobre construtivismo. In: NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R.E.S. (Orgs.) *Pesquisas em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores*. 5 ed. São Paulo: Escrituras, 2004. p. 9-55.

BATISTA, I. L. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa em educação científica e matemática. In: NARDI, R. (Org.) *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns*

recortes. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 257-272.

BELLINI, L. M. A evolução dos evolucionistas. In: NEVES, M. C. D.; SILVA, J. A. P. (Orgs.) *Evoluções e revoluções: o mundo em transição*. Maringá: Massoni, 2008. p. 13-30.

BELLINI, M. Epistemologia da biologia: para se pensar a iniciação ao ensino das ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 88(218): 5-6, 2007.

BIZZO, N. M. V. *História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis*. Em aberto, 11(55), 1992.

BIZZO, N. M. V. *Manual de Orientações Curriculares do Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2004.

BIZZO, N. V.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. *Filosofia e História da Biologia*, 4: 235-257, 2009.

BONZANINI, T. K. *Ensino de temas da genética contemporânea: análise das contribuições de um curso de formação continuada*. 2011. 252f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, Unesp, Bauru, 2011.

BRANDO, F. R. *Escolha profissional: uma questão de identidade*. 2005. 161 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2005.

BRANDO, F.R. *Proposta didática para o ensino medido de biologia: as relações ecológicas no cerrado*. 2010. 217f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2010.

BRASIL, Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. *Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas*. PARECER CNE/CES N 1301/2001, de 6 de novembro. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>

BRASIL. Conselho Federal de Biologia. Resolução N° 213/2010a. Estabelece os requisitos mínimos para o Biólogo atuar em pesquisa, projetos, análises, perícias, fiscalização, emissão de laudos, pareceres e outros serviços nas áreas de meio ambiente, saúde e biotecnologia. Disponível em: <http://www.cfbio.gov.br/legislacao.php>. Acesso: 29 de junho de 2011.

BRASIL. Conselho Federal de Biologia. Parecer CFBio N° 01/2010 – GT revisão das áreas de atuação, 2010b. disponível em: http://cfbio.gov.br/arquivos/PARECER-CFBio-N-01-GT_2010.pdf. Acesso: 29 de junho de 2011.

BRASIL. Conselho Federal de Biologia. Carta de Brasília: pela garantia das Licenciaturas em Ciências Biológicas do Brasil. *Jornal do Biólogo*, p.6-7, 2010c. Disponível em: <http://www.crbio4.org.br/images/stories/jb/jb59.pdf>. Acesso: 29 de junho de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 196, de 16 de outubro de 1996. *Diretrizes e norma regulamentadora de pesquisa envolvendo seres humanos*. Diário Oficial da União, Brasília, 16 out. 1996. Seção 1, p. 21- 82.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. A *necessária renovação do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CALDEIRA, A. M. A. Didática e epistemologia da Biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAÚJO, E.S.N.N. *Introdução à didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2009. p.73-86.

CALDEIRA, A. M. A.; MANECHINE, S. R. S. Apresentação e representação de fenômenos biológicos a partir de um canteiro de plantas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(2): 227-261, 2007.

CANGUILHEM, G. *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: Vrin, 2002.

CANGUILHEM, G. *Ideologia e racionalidade nas ciências da vida*. Lisboa: Edições 70, 1977.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de Biologia. *Ciência & Educação*, 11(1): 33-39, 2005.

CARVALHO FILHO, J. E. C. Educação científica na perspectiva bachelardiana: ensino enquanto formação. *Revista Ensaio - Pesquisa em Educação e Ciências*, 8(1), 2006.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências*. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

CARVALHO, G. S. A transposição didática e o ensino de biologia. In: CALDEIRA, A.M.A.; ARAÚJO, E. S. N. N. (Orgs.) *Introdução à didática da biologia*. São Paulo: Escrituras, 2010. p.34-57.

CASTRO, R. S.; CARVALHO, A. M. P. História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9(3): 225-237, 1992.

CHALMERS, A. F. *A fabricação da ciência*. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1994.

CUNHA, A. M. O; KRASILCHILK, M. A formação continuada de professores de ciências: percepções a partir de uma experiência. In: Anais da 29ª REUNIÃO ANUAL da ANPEd [seção Formação de Professores], Caxambu, 2000.

CUNHA, A. M. O. Educação continuada: os professores como mediadores no processo de capacitação. *Ensino em Re-vista*, 9(1): 7-24, 2001.

DARDEN, L. *Theory change in sciences*. New York: Oxford University Press, 1991.

DEL CONT, V. Francis Galton: eugenia e hereditariedade. *Scientia Studiae*, 6(2): 201-218, 2008.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (org.) *Ensino de física, conteúdo, metodologia, epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 125-150.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. P.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV, N. C. Ensino do sistema sanguíneo humano: a dimensão histórico-epistemológica. In: SILVA, C.C. (org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.265-286.

DIAS CORREIA, J. H. R.; DIAS CORREIA, A. A. Alguns aspectos funcionais do epigenoma, genoma e transcriptoma nos animais. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 8(10), 2007. Disponível em: vet. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso: 10/06/2008.

DIWAN, P. Eugenia, a biologia como farsa. *Revista História Viva*. 49, 2007. Disponível em: http://www2.uol.com.br/historiaviva/reportagens/eugenia_a_Biologia_como_farsa.html. Acesso em 10 de maio de 2010.

EL-HANI, C. N.; EMMECHE, C. On some Theoretical grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervinience and downward causation. *Theory in Biosciences*, Jena, 119: 234-275, 2000.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P.L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9(3): 265-313, 2004.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: Silva, C.C. (org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.3-21.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, 30 (2): 297- 307, 2007.

EMMECHE, C.; EL-HANI, C. N. Definindo vida. In: EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. O que é vida?: para entender a biologia do Século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. p. 31-56.

FALCONER, D. S. Early selection experiments. *Annual Review of Genetics*, 26: 1-16, 1992.

FERRARI, N.; SCHEID, N. M. J. História do DNA e educação científica. In: SILVA, C.C. (org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.287-303.

- FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FLORES, V.; TEIXEIRA, M. *Introdução à linguística da enunciação*. São Paulo: Contexto, 2005.
- FOUREZ, G. *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: Editora da Unesp, 1999.
- FOUREZ, G. *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*, Buenos Aires: Colihue, 1997.
- FOUREZ, G.; MAINGAIN, A.; DUFOUR, B. *Abordagens didáticas da interdisciplinaridade*. Lisboa: Instituto Piaget, 2008.
- FREIRE-MAIA, N. *A ciência por dentro*. 5. ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 1990.
- FREITAS, E. O.; MARTINS, I. Concepções de saúde no livro didático de ciências. *Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, 10(2): 222-248, 2008.
- GAGLIARD, R. História de las ciencias y enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3): 191-196, 1988.
- GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: BAUER; M. W.; GASKELL, G. *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som*. Rio de Janeiro: Vozes, 2002. p. 64-89.
- GAUTHIER, C.; MARTINEAU, S.; DESBIENS, J-F.; MALO, A.; SIMARD, D. *Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. Ijuí: Unijuí, 1998.
- GIL-PEREZ, D.; GUIASOLA, J.; MORENO, A.; CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A. M. P.; TORREGROSA, J. M.; SALINAS, J.; VALDÉS, P.; GONZÁLEZ, E.; DUCH, A.G.; DUMAS-CARRÉ, A.; TRICÁRICO, H.; GALLEGO, A.R. Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11(6), 557-571, 2002.
- GIORDAN, A.; D. VECCHI, G. *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- GOEDERT, L. *A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica*. 122 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- GRIFFITHS, A. J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M. *Introdução à genética*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- GRIFFITHS, P. E. GRAY, R. D. Darwinism and developmental systems. In: OYAMA, S.; GRIFFITHS, P. E.; GRAY, R. (ed). *Cycles of contingency: developmental systems and evolution*. Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press, 2001. p. 195-218.

GRIFFITHS, P. E.; NEUMANN-HELD, E. M. The many faces of the gene. *BioScience*, 49(8): 656-662, 1999.

GUDDING, G. The phenotype/genotype distinction and the disappearance of the body. *Journal of the History of Ideas*, 57(3): 525-545, 1996.

GUIMARÃES, L. Desnaturalizando práticas de ensino de Biologia. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. R. (Orgs.) *Ensino de biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Rio de Janeiro: EdUFF, 2005. p.171-181.

GUIMARÃES, M. A. Uma proposta de ensino de zoologia baseada na sistemática filogenética. ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 12, 2004, Curitiba. *Anais...* Curitiba: PUCPR, 2004. p. 1074-1084.

HAMES, C.; MALDANER, O. A. Espaços interativos na formação de professores de ciências. In: V Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul: Anped Sul, 2004, Curitiba. *Anais 2004 do V Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul: Anped Sul*. Curitiba: PUCPR, 2004. p. 01-08.

JABLONKA, E. The systems of inheritance. In: OYAMA, S.; GRIFFITHS, P. E.; GRAY, R. (ed.). *Cycles of contingency: developmental systems and evolution*. Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press, 2001. p. 99-116.

JABLONKA, E.; LAMB, M. *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in history of life*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2005.

JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. *Scientie Studia*. 8 (1): 93-128, 2010.

JOHANNSEN, W. L. The genotype conception of heredity. *The American Naturalist* 45 (531): 129-159, 1911.

JUSTINA, L. A. D.; CALLUZZI, J. J.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. *Filosofia e História da Biologia*. 5 (1): 55-77. 2010a.

JUSTINA, L. A. D.; SCHNEIDER, E.M.; FERRAZ, D.F.; MIGUEL, K.S.; MEGLHIORATTI, F. A. A percepção de estudantes da Licenciatura em Ciências Biológicas sobre a pesquisa na área de Ensino de Ciências. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*. 5(2): 20-30, 2010b.

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

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

KELLER, E. F. The century beyond the gene. *Journal of Biosciences*. 30(1): 3-10, 2005.

KIM, K-M. On the reception of Johannsen's pure line theory: toward a sociology of scientific validity. *Social Studies of Science*, 21(4): 649-679, 1991.

KRASILCHIK, M.; TRIVELATO, S. L. F. *Biologia para o cidadão do século XXI*. São Paulo: FEUSP, 1995.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 5 ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

LALANDE, A. *Vocabulário técnico e crítico da filosofia*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

LAUBICHLER, M.; MÜLLER, G. B. Models in theoretical biology. In: LAUBICHLER, M.; MÜLLER, G. B. (eds.), *Modeling Biology*. Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press. 2007. p. 3-10.

LEBRUN, G. Da idéia da epistemologia. In: *A filosofia e sua historia*. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

LEWONTIN, R. *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

LEWONTIN, R. C. *Biologia como ideologia: a doutrina do DNA*. Ribeirão Preto: Funpec, 2000.

LÔBO, S. F. O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação*, 14(1): 89-100, 2008.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 3(13): 248-73, 1996.

LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. *Programa de incentivo à formação continuada de professores do ensino médio* – Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf>. Acesso em: 20 jun. 2010.

LÜDKE, M. O professor e sua formação para a pesquisa. *Eccos – Revista Científica*, 7(2): 333-349, 2005.

MAI, L. D.; ANGERAMI, E. L. Eugenia negativa e positiva: significados e contradições. *Revista Latino-americana Enfermagem*, 14(2): 251-258, 2006.

MALACARNE, V. *Os professores de química, física e biologia da região oeste do Paraná: formação e atuação*. 236f. Tese (doutorado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MALACARNE, V; STRIEDER, D. M. A formação de professores para o ensino de Ciências e Biologia: o diálogo com a filosofia. In: FERRAZ, D.; JUSTINA, L. *Biologia em Foco 3: Interfaces da formação de professores e o ensino de Biologia*. Cascavel: Edunioeste, 2011. p. 7-33.

MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de química – professores/pesquisadores*. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2006.

MANUEL, D. E. History and philosophy of science with special reference to biology: what can it offer teachers? *Journal of Biological Education*, 20 (3): 195-200, 1986.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. *Revista Brasileira de Educação*, 26, 95-108, 2004.

MARTINS, L.A-C.P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação*. 11(2): 305-317, 2005.

MARTINS, L. A-C. P. Thomas Hunt Morgan e a teoria cromossômica da herança: de crítico a defensor. *Episteme*, 6(3): 100-126, 1998.

MARTINS, L. A-C. P. Weldon, Pearson, Bateson e a controvérsia mendeliano biometricista: uma disputa entre evolucionistas. *Filosofia Unisinos*, 8(2): 170-190, 2007.

MARTINS, L. A-C. P. William Bateson: da evolução à genética. *Episteme*, 8: 67-88, 1999.

MARTINS, L. A-C. P. A história da ciência e o ensino de Biologia. *Ciência e Ensino*, 5: 18-21, 1998.

MARTINS, L. A-C. P.; BRITO, A. P. O. P. M. A história da ciência e o ensino de genética e evolução no nível médio: um estudo de caso. In: SILVA, C. C. (org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 245-264.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. In: *Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 1(9): 3-5, 1990.

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

MAYR, E. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MAYR, E. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Brasília: Editora da UNB, 1998.

MEDEIROS, A.J.G. A história da ciência e o ensino da Física moderna. In: NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. 2 ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2007. p. 273-292.

MEGLHIORATTI, F. A. *O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de Biologia*. 2009. 254f. Tese Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2009.

MEGLHIORATTI, F. A., ANDRADE, M. A. B. S., BRANDO, F. R.; CALDEIRA, A. M. A. Formação de pesquisadores: o papel de um grupo de pesquisa em Epistemologia da Biologia. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 32-34, 2008.

MEGLHIORATTI, F. A.; EL-HANI, C. N.; CALDEIRA, A. M. A. A centralidade do conceito de organismo no conhecimento biológico e no ensino de Biologia. In: Ana Maria de Andrade Caldeira. (Org.). *Ensino de Ciências e Matemática II: Temas sobre Formação de Conceitos*. São Paulo-SP: Cultura Acadêmica/Editora da UNESP, 2009. p. 33-52.

MEGLHIORATTI, F. A.; ANDRADE, M. A. B. S.; CALDEIRA, A. M. A. Ensino de Biologia: a necessária compreensão entre Biologia e ideologia. In: FERRAZ et alli (orgs). *Biologia em foco 2: As ciências biológicas em diferentes contextos*. Cascavel: Edunioeste, 2010. p. 9-26.

MELO, A. C. S.; PEDUZZI, L. O. Q. Contribuições da epistemologia bachelardiana no estudo da história da óptica. *Ciência & Educação*, 13(1): 99-126, 2007.

MONTEIRO, A. M. Formação docente: território contestado. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM; A. C. R. (Orgs.). *Ensino de biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Rio de Janeiro: EdUFF, 2005. p.153-170.

MOORE, J. *Uma introdução aos invertebrados*. São Paulo: Santos, 2003.

MOREIRA, M. A. O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de ciências. *Em Aberto*, 7(40): 43-54, 1988.

MOREIRA, M.A. Uma visión toulminiana respecto a la disciplina investigación básica em educación em Ciencias: El rol Del foro institucional. *Ciência & Educação*, 11(2): 181-190, 2005.

MORENO, E. R.; GATICA, M. Q. Caracterización de las concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(1): 111-124. 2010. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec>

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: *Escola de verão para professores de prática de ensino de Física, Química e Biologia*, 3., 1995, São Paulo. *Coletânea...*São Paulo: FEUSP, 1995. p. 56-74.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2000.

MÜLLER-WILLE, S. Hybrids, pure cultures, and pure lines: from nineteenth-century biology to twentieth-century genetics *Studies in History and Philosophy of Science Part C. Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 38 (4): 796-806, 2007.

NEVES, M. C. D. A história da ciência no ensino de Física. *Ciência & Educação*, 5(1): 73-81,1998.

NEWMAN, S. A.; MÜLLER, G. B. Genes and form: Inherency in the evolution of developmental mechanisms. In: NEUMANN-HEL, E. M.; REHMANN-SUTTER, C. (eds.) *Genes in development. Re-reading the molecular paradigm*. Durham: Duke University Press. 2006. p 38-73.

NEWMANN-HELD, E. M. Let's talk about genes: the process molecular gene concept and its context. In: OYAMA, S.; GRIFFITHS, P. E.; GRAY, R. (ed). *Cycles of contingency: developmental systems and evolution*. Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press, 2001. p. 69-84.

OLIVEIRA, R. J. Ensino científico e ética: tecendo uma interseção. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. R. *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Rio de Janeiro: EdUFF, 2005. p.65-75.

OLIVEIRA, T. H. G.; SANTOS, N. F.; BELTRAMINI, L. M. O DNA: uma sinopse histórica. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Celular*, 1, 2004. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/lte/rbebbm/edicoes.php?idEdicao=3>>. Acesso em: 15 junho 2008.

OLIVEIRA, V.; FLORES, B. A.; DEBUS, I. S.; HARTMANN, M.; SILVA, M. Dispositivo de formação: vivências no espaço grupal. *Revista @mbienteeducação*, 3(1): 134-147, 2010.

OYAMA, S.; GRIFFITHS P. E.; GRAY, R. Introduction: what is developmental systems theory? In: OYAMA, S.; GRIFFITHS P. E.; GRAY, R. (ed.). *Cycles of contingency: developmental systems and evolution*. Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press, 2001. p. 1-11.

PARANÁ. Universidade Estadual do oeste do Paraná. RESOLUÇÃO Nº 295/2006-CEPE. Projeto político pedagógico – curso de Ciências Biológicas – Licenciatura. 2006.

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

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA, M. J.; GALUCH, M. T. B. Mediação pedagógica e a formação de conceitos científicos sobre hereditariedade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1): 109-132, 2011.

PEDUZZI, L.O.Q. A história e a filosofia da ciência na formação do licenciado em Física. In: *Anais da VII Conferência Interamericana sobre Educação em Física*. Porto alegre: 2000.

PENA, S. D. Os muitos genes da estatura humana. *Ciência Hoje On Line*. 2008.

PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

PESSOA JÚNIOR, O. Quando a abordagem histórica deve ser usada no ensino de ciências? *Ciência & Ensino*, 1: 4-6, 1996.

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

POSNER, G.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2): 211-227, 1982.

POZO, J. I. *Aquisição de conhecimento*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2005.

PRESTES, M.E.B.; CALDEIRA, A.M.A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, 4: 1-16, 2009.

RAMOS, M.G. Epistemologia e ensino de ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, R. (org.) *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2003. p.13-36.

RODRIGUES, M. E.; JUSTINA, L. A. D.; MEGLHIORATTI, F. A. O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. *Revista Ensaio- Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(2), 2011.

ROLL-HANSEN, N. Sources of Johannsen's genotype theory. Pp. 43-52. In: *Conference: a Cultural History of Heredity III: 19th and Early 20th Centuries*. Berlin: Max Planck Institute for the History of Science 2005. Disponível em: <<http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Preprints/P294.PDF>>. Acesso em: 20 agosto 2008.

ROLL-HANSEN, N. The crucial experiment of Wilhelm Johannsen. *Biology and Philosophy*, 4: 303-329, 1989.

ROLL-HANSEN, Nils. The genotype theory of Wilhelm Johannsen and its relation to plant breeding and the study of evolution. *Centaurus*, 22 (3): 201-235, 1978.

ROSA, S. R. G; SILVA, M. R. A história da ciência nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 3(2): 59-78, 2010.

ROSA, R. T. Repensando o ensino de ciências a partir de novas histórias da ciência. In: OLIVEIRA, D. L. *Ciências nas salas de aula*. 2. ed. Porto Alegre: Mediação, 1999. p. 47-58.

SANTOS, B. S. *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Rio de Janeiro: Graal, 1989.

SANTOS, S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Interdisciplinaridade e resolução de problemas: algumas questões para quem forma futuros professores de ciências. *Educação e Sociedade*, 29(103): 557-579, 2008.

SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de Biologia do ensino médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1): 2009.

SCHEID, N. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. Concepções sobre a natureza da Ciência num curso de Ciências Biológicas: Imagens que dificultam a Educação Científica. *Investigação em Ensino de Ciências*, 12(2): 157–181, 2007.

SCHEID, N. M. *A contribuição da história da Biologia na formação inicial de professores de ciências biológicas*. 203f. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2006.

SCHNEIDER, E. M.; JUSTINA, L. A. D.; ANDRADE, M. A. B. S.; OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. A.; MEGLHIORATTI, F. A. Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2): 201-222, 2011.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M.S. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. R. *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Rio de Janeiro: EdUFF, 2005. p. 50-62.

SENTIS, P. La naissance de La génétique au début du XX siècle. *Cahiers D'études Biologiques*, 18: 73-85, 1970.

SINGER, C. *Historia de la biologia*. Buenos Aires: Espasa-Calpe, 1947.

SLONGO, I. I. P. História da ciência, ensino de biologia e formação de professores. In: *Anais do I Encontro Nacional de Ensino de Biologia*. Rio de Janeiro: SBEnBio, 2005. p. 794-798.

SOBRAL, A. Ato/atividade e evento. In: BRAITH, B. (org.) *Bakhtin: conceitos-chave*. São Paulo: Contexto, 2010. p. 11-36.

TARDIF, M. Princípios para guiar a aplicação dos programas de formação inicial para o ensino. In: *Trajetórias e processos de ensinar e aprender: didática e formação de professores - XIV ENDIPE*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008, p. 17-46.

TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

TEIXEIRA, F. M. Fundamentos teóricos que envolvem a concepção de conceitos científicos e a construção das ciências naturais. *Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(2): 121-132, 2006.

TEODORO, S. R.; NARDI, R. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. In: NARDI, R. (org.). *Educação em Ciências: da pesquisa à prática docente*. São Paulo: Escrituras, 1998, p. 43-52.

TERRAZZAN, E. A. Inovação escolar e pesquisa sobre a formação de professores. In: NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007, v. 1, p. 145-192.

- TIDON, R. Gene, organismo e ambiente. *Genética na Escola*. 1(2): 41-44, 2006.
- TOBALDINI, B. G.; CASTRO, L. P. V.; JUSTINA, L. A. D.; MEGLHIORATTI, F. A. Aspectos sobre a natureza da ciência apresentados por alunos e professores de Licenciatura em Ciências Biológicas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(3): 457-480, 2011. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- TRINDADE, M.; REZENDE, F. Ensino de Biomecânica e epistemologia: um importante debate desconsiderado. In: *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2007, Florianópolis. Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007.
- TRIVELATO, S. L. F. Perspectivas para a formação de professores. In: TRIVELATO, S.L.F. (org.) *Coletânea 3ª Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia*. São Paulo: FEUSP, 1995. p. 35-48.
- VASCONCELLOS, M. J. E. *Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência*. 8. ed. Campinas, SP: Papirus, 2002.
- VAZ, A. M. Reflexões éticas de pesquisadores e professores: empecilhos à prática de colaboração e efeitos de coadjuvação. In: NARDI, R. (org.) *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 219-238.
- VIANNA, D. M.; CARVALHO, A. M. P. Do fazer ao ensinar ciência: a importância dos episódios de pesquisa na formação de professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(2): 111-132, 2001.
- VILLANI, A. Considerações sobre a pesquisa em ensino de ciência: a interdisciplinaridade. *Revista de Ensino de Física*, 3(3): 68-88, 1981.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. Como avaliar um projeto de pesquisa em educação em ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(1): 7-28, 2001.
- WADDINGTON, C. H. *Instrumental para o pensamento*. São Paulo: Edusp, 1979.
- WAIZBORT, R.; SOLHA, G. C. Os genes interrompidos: o impacto dos *introns* sobre a definição de gene molecular clássico. *Revista da SBHC*, 5(1) 63-84, 2007.
- WANSCHER, J. H. An analysis of Wilhelm Johannsen's genetical genotype "term" 1909-26. *Hereditas*, 79 (1): 1-4, 1975.
- WANSCHER, J. H. The history of Wilhelm Johannsen's genetical terms and concepts from the period 1903 to 1926. *Centaurus*, 19 (2): 125-147, 1975.
- WORTMANN, M. L. C. É possível articular a Epistemologia, a História da Ciência e a Didática no ensino científico? *Episteme*, Porto Alegre, 1(1): 59-72, 1996.
- WORTMANN, M. L. C. Programações curriculares em cursos de ciências biológicas: um estudo sobre as tendências epistemológicas dominantes. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ZAMBERLAN, E. S. J.; SILVA, M. R. A evolução como idéia reguladora da Biologia e sua apreensão em livros didáticos de Biologia. *II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Disponível em: http://www.pg.utfpr.edu.br/sinect/anais2010/artigos/Ens_Bio/art185.pdf

APÊNDICE A - Ficha de inscrição para o GEBCA

a) Nome: _____

b) Idade: _____

c) E-mail: _____

d) Telefone e/ou celular: _____

e) Já fez outro curso de graduação? Qual? _____

f) Trabalha: () Não () Sim. Qual profissão? _____

g) Ano do curso que frequenta: _____

h) O que lhe motiva a participar do grupo? E quais são suas expectativas?

i) Participa ou participou de alguma pesquisa?

j) Indique a disponibilidade de horário para participar do grupo (serão realizados encontros de até 2 horas semanais no horário que todos os membros do grupo tiverem disponibilidade):

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
8:00-10:00						
10:00-12:00						
13:30-15:30						
15:30-17:30						

l) Caso selecionado, tem intenção de continuar no grupo até o final do ano letivo de 2009? () Sim () Não

Data: _____

Assinatura: _____

APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido

Título do Projeto: UM ESTUDO SOBRE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Pesquisador Responsável: Lourdes Aparecida Della Justina

Convidamos a participar de nosso projeto que tem o objetivo de estudar aspectos epistemológicos presentes na história de um fato científico e analisar as contribuições proporcionadas pela discussão desses aspectos no processo de ensino da ciência, particularmente da Biologia, e na melhoria da formação inicial de professores de ciências biológicas. Este projeto fomentará reflexões acerca da história e filosofia da ciência e sua abordagem em diferentes níveis de ensino, o que pode resultar em sugestões de materiais didáticos. Informamos ainda que o participante do projeto não terá ônus financeiro adicionais e nem receberá bolsa ou equivalente para participar do projeto.

Após ler e receber explicações sobre a pesquisa, e ter meus direitos de: receber resposta a qualquer pergunta e esclarecimento sobre os procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados à pesquisa; retirar o consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo; não ser identificado e ser mantido o caráter confidencial das informações relacionadas à privacidade.

Procurar esclarecimentos com o Comitê de Ética em Pesquisa da Unioeste - CEP/Unioeste, através do telefone 3220-3272, em caso de dúvidas ou notificação de acontecimentos não previstos.

Declaro estar ciente do exposto e desejar participar do projeto de pesquisa.

Cascavel, ____ de ____ de 2009.

Nome do sujeito/ ou do responsável: _____

Assinatura: _____

Eu, *Lourdes Aparecida Della Justina*, declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto ao participante e/ou responsável.

Data: ____/____/2009.

Telefone : (45) 3220-3238

APÊNDICE C - Questionário I – Primeira coleta de dados com o grupo focal

Nome: _____

O que o motivou na escolha do curso de Ciências Biológicas – Licenciatura?

Participa ou participou de alguma pesquisa? Descreva como foram suas experiências? E como você se relacionaria com a profissão professor?

Para você quais são as diferenças entre o bacharelado e a Licenciatura em Ciências Biológicas?

Para você existe diferença entre o significado de Biologia e de Ciências Biológicas? Se sim, em que aspectos elas diferem?

Quais foram as motivações que o levaram a participar do Grupo de Pesquisadores em História e Filosofia da Biologia?

Compare a Ciência Biologia à Ciência Física e aponte semelhanças e diferenças entre elas?

Cite e comente um fato científico importante para a Biologia:

O que você entende por hereditariedade no contexto biológico?

Você já teve experiências com aulas em que foi abordada a história da ciência-biologia. Relate e emita sua opinião sobre as mesmas:

Agradecemos sua colaboração!

APÊNDICE D - Questões norteadoras dos encontros de discussão coletiva**E-1**

Qual o lugar da história e da epistemologia da biologia na Licenciatura em Ciências Biológicas?

Qual o papel da pesquisa e de um grupo de pesquisa na formação de Biólogos licenciados?

O que caracteriza a biologia como ciência?

E-2

A construção da ciência como parte da cultura humana. O que caracteriza o conhecimento científico? E qual sua abordagem nas disciplinas de formação de professores de Biologia?

E-3

O que a Biologia tem de diferentes de outras ciências como a é o caso da Física?

Qual é o objeto de estudo da biologia?

E-4

A natureza da ciência e a abordagem presente em uma Licenciatura de Ciências Biológicas;

O lugar do conhecimento científico na disciplina escolar Biologia e sua relação com problemas sociais.

E-5

O que caracteriza e qual o lugar da pesquisa em história da Biologia na Licenciatura em Ciências Biológicas?

E-6

Considerando que grande parte dos livros didáticos traz a informação isolada: “O termo gene foi cunhado por Johannsen”. Para qual concepção de Biologia, de sua história e de ensino contribui esta prática adotada?

Como pode se superar tal distorção?

Os conceitos de gene, genótipo e fenótipo são os mesmos desde a sua proposição, quais as transformações ocorridas em sua história?

E-7

Em que as ideias eugênicas presentes na comunidade científica se assemelham ou se diferem das presentes na sociedade, desde a sua proposição por Galton até os dias atuais?

E-10

1. Genes ou ambiente: qual desempenha o papel mais importante para o fenótipo?

E-11

1. Existia conhecimento acerca da hereditariedade antes de Mendel? E o conhecimento que temos hoje são exatamente as de Mendel e/ou da genética mendeliana?

E-12

1. Como se constrói/desenvolve uma pesquisa acerca de um conceito em Biologia teórica, tendo como exemplo o caso o conceito de gene?

E-13

1. Afinal o que é essa tal de epigenética? O que tem a ver com a relação genótipo-fenótipo?

E-14

1. Além da herança genotípica, existem outras na Biologia?

E-15

As questões abaixo foram propostas com base em alguns fenômenos biológicos, a partir de Lewontin (2002), e foram entregues aos sujeitos da pesquisa para que fossem devolvidas com as respostas escritas:

1. Os seres humanos e chimpanzés diferem quanto às suas habilidades lingüísticas. Isto se deve apenas as diferenças genéticas?

2. Uma mosca pode ter nove cerdas no lado direito e cinco no lado esquerdo; outra pode ter seis cerdas no lado direito e oito no lado esquerdo. Numericamente, essa variação é tão grande quanto a diferença média no número de cerdas entre os diferentes organismos. Qual a origem dessa assimetria flutuante?

3. Quando aves “forrageadoras” buscam seu alimento, coletam itens alimentares e os levam de volta aos seus ninhos para consumi-los. Com base no problema de balanço

energético, elas coletam o primeiro que encontram, sendo pequeno ou grande; ou procuram até encontrar o maior possível; ou itens um pouco acima da média?

4. Qual o motivo que justificaria uma fila dupla de placas ósseas em forma de folhas no dorso do dinossauro *Stegosaurus* (*estegossauro*)?

5. Por que as estruturas que crescem nas laterais da nossa cabeça têm a forma de orelhas e não de pés. E por que tem a aparência de orelhas humanas e não de elefantes?

6. Em que circunstâncias a mão é a unidade de evolução e da função, e não o dedo, ou uma falange do dedo?

7. Como se deu a evolução do queixo humano?

8. Existe organismo sem ambiente? E ambiente sem organismo?

9. Todo organismo começa como uma única célula – semente ou ovo fertilizado e depois se diferencia. A que se deve as similaridades e diferenças entre indivíduos da mesma espécie? E no caso de clones?

10. Na sua opinião, o que o autor Richard Lewontin quer dizer com a metáfora da “tripla hélice” ao se referir a “gene, organismo e ambiente”?

E-16

1. O que vem antes o fato ou a teoria na ciência?

E-17

1. Quais são exemplos de episódios históricos interessantes para serem utilizados no ensino de Biologia?

3. O que seria mais interessante para o ensino: partir de fatos que deram certo ou que deu errado? Existe como separá-los completamente?

4. É importante a abordagem da história da ciência para o ensino? E para a aprendizagem?

5. Para fazer pesquisa em história da ciência e ensino existe a obrigatoriedade de analisar livro didático?

6. É sempre possível se identificar quem fez e em que momento cada construção importante da ciência? Qual(is) exemplo(s) seriam possíveis de identificar?

E-18

1. Considerando que é um texto direcionado para a formação de professores, o que vocês fariam de diferente?

2. O que é um modelo mental? E um modelo conceitual? E um modelo didático/pedagógico?
3. Como vocês descreveriam Watson e Crick?
4. O que significou o artigo de Watson e Crick na comunidade científica?
5. Por que os outros pesquisadores como Rosalind Franklin e Linus Pauling não fizeram o modelo tal qual Watson e Crick?
6. Seria relevante trabalhar esta história do modelo de DNA no ensino médio? Por quê?

E-19

1. A eugenia é teoria científica e/ou ideologia?

E-20

1. O que é pesquisa? Que pressupostos teóricos e metodológicos deve haver para ser considerada uma pesquisa?
2. A área de ensino de ciências produz pesquisa científica? Justifique:
3. Construir maquetes, jogos, revistas em quadrinhos se constitui em investigações em ensino de ciências? Justifique:
4. Em relação às investigações em ensino de ciências, a partir das ideias expostas abaixo, coloque sua opinião:
 - a) “De fácil execução”:
 - b) “Tudo vale”:
 - c) “Coisa de pedagogo”:
 - d) “Profissional dessa área não é respeitado”:
5. Qual a relação entre a área de ensino de ciências e a formação de professores de ciências e Biologia:

E-21

1. O que é ciência afinal? E quais são as concepções que permeiam as ideias de professores formadores e licenciandos?

E-22

1. Como foi construído conhecimento sobre sistemática e filogenética na Biologia como ciência?

2. E como este conteúdo é apresentado no ensino, em especial no livro didático?

E-23

1. O que leva determinados pesquisadores a elaborarem determinadas teorias, enquanto outros com acesso as mesmas informações desencadeantes não o fazem?
2. Como trabalhar a história da Biologia no ensino de forma problematizadora?

E-24

1. Como articular a didática da biologia, a epistemologia e história nas próximas atividades do GEBCA no ano de 2010?

APÊNDICE E - Entrevista semi-estruturada individual

1. Quais eram suas expectativas iniciais sobre o grupo? Elas foram confirmadas?

- a) fatores positivos:
- b) fatores limitantes:

2.O que você considerou significativo no grupo para a sua:

- a) formação como professor:
- b) formação como pesquisador:
- c) visão da história e epistemologia da biologia (tratamento de episódios históricos):
- d) visão de pesquisa na área de ensino de ciências:
- e) percepção do conhecimento biológico (fragmentado/interdisciplinar):
- f) separação do âmbito de ensino e pesquisa:


3.Houve alguma mudança sobre a concepção acerca de:


- a) ciência:
- b) pesquisa:
- c) modelo:
- d) conceito:
- e) teoria científica:
- f) hereditariedade:
- g) biologia:
- h) relação genótipo e fenótipo:
- i) gene:
- j) eugenia:

4.Quais são as suas sugestões para a continuidade do grupo quanto a:

- a) conceitos trabalhados:
- b) abordagem epistemológica:
- c) abordagem histórica:
- d) organização das atividades do grupo:

ANEXO A - Aprovação do projeto de pesquisa no comitê de ética


unioeste
 Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Comitê de Ética em Pesquisa - CEP


 Aprovado na
 CONEP em 04/08/2009

PARECER 156/2009-CEP

Súmula: Avaliação de proposta de projeto de Doutorado, tendo como pesquisadora responsável Lourdes Aparecida Della Justina.

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, analisou na continuação da sessão ordinária do dia 23/04/2009 realizada no dia 30/04/2009, Ata 003/2009 - CEP, o processo CR nº 26864/2009, referente ao projeto de Doutorado intitulado "Um estudo sobre a história da ciência na formação inicial de professores de Ciências Biológicas" tendo como pesquisadora responsável Lourdes Aparecida Della Justina, cujo objetivo geral é "Investigar aspectos epistemológicos presentes na história de um fato científico e analisar as contribuições proporcionadas pela discussão desses aspectos no processo de ensino da ciência".

Assim, mediante a importância social e científica que o projeto apresenta, a sua aplicabilidade e conformidade com os requisitos éticos, somos de parecer favorável à realização do projeto classificando-o como **APROVADO**, pois o mesmo atende aos requisitos fundamentais da Resolução 196/96 e suas complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Deverá ser encaminhado ao CEP o relatório final da pesquisa e/ou a publicação de seus resultados, para acompanhamento, bem como comunicada qualquer intercorrência ou a sua interrupção.

Cascavel, 19 de maio de 2009.


 Dra. MARISTELA JORGE PADOIM
 Coordenadora do CEP/Unioeste