

# Investigação sobre a inclusão do episódio histórico da teoria genotípica de Wilhelm Ludwig Johannsen na formação inicial de professores e pesquisadores

---

Lourdes Aparecida Della Justina\*  
Ana Maria de Andrade Caldeira\*

---

**Resumo:** Este trabalho está inserido em uma investigação mais ampla realizada em um Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia de Cascavel/PR. Esta envolve estudos e pesquisas acerca do conhecimento biológico, tais como o desenvolvimento do conceito de gene, genótipo e fenótipo. O objetivo desta pesquisa foi levantar as concepções dos graduandos da Licenciatura em Ciências Biológicas participantes acerca do papel desempenhado pela inclusão de um episódio histórico nos estudos do grupo como desencadeador de reflexões de cunho epistemológico e didático. Inicialmente foi entregue aos estudantes, para estudo individual, o artigo “The genotype conception of heredity” publicado em 1911, no periódico *The American Naturalist* de por Wilhelm Ludwig Johannsen, no qual são propostos os conceitos de genótipo e fenótipo, entre outros. Após, houve a discussão coletiva no encontro do grupo acerca dos conceitos propostos no artigo quanto a aspectos epistemológicos, históricos e didáticos. A coleta de dados ocorreu mediante a gravação das discussões coletivas e entrevistas individuais. Os resultados sugerem que o estudo realizado, mediante a inclusão do referido episódio histórico, permitiu aos sujeitos participantes o desenvolvi-

---

\* Doutoranda em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho/Bauru. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Rua Universitária, 2069, Jardim Universitário, Cascavel, Paraná. CEP 85819-110. E-mail: lourdesjustina@gmail.com

\* Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru. Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, Bauru, São Paulo. CEP 17033-360. E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br

mento do pensamento crítico, mediante a reflexão coletiva sobre o conhecimento biológico em seus diferentes contextos.

**Palavras-chave:** história da genética; ensino de ciências; formação inicial de professores e pesquisadores; teoria genotípica; Johannsen, Wilhelm Ludwig

### **Research on the inclusion of the historical episode, Wilhelm Ludwig Johannsen's genotype theory, in the initial training of teachers and researchers**

**Abstract:** This paper is part of a broader investigation on Epistemology of Biology carried out by a group of researchers from Cascavel/PR. It involves studies and research about biological thought on subjects such as the growing of the concepts of gene, genotype and phenotype. The aim of this research was to gather the undergraduate students of Biological Sciences' views about the role played by the inclusion of a historical episode in the study group as a trigger for epistemological discussions and didactic reflections. Firstly, the students received Johannsen's article "The genotype conception of heredity", published in 1911 in the journal *The American Naturalist*, in which he proposed the concepts of genotype and phenotype, among other ones. After, there was a discussion held by group about the concepts proposed in the article taking into account the epistemological, historical and didactic aspects. Data collection occurred through the recording of the group discussions and individual interviews. The results suggest that the inclusion of this historical episode, enabled the participants to develop critical thinking through collective reflection on the meaning of biological knowledge in different contexts.

**Key-words:** history of genetics; science teaching; initial training of teachers and researchers; genotype theory; Johannsen, Wilhelm Ludwig

## **1 INTRODUÇÃO**

As pesquisas na área de ensino de ciências têm apontado a importância da inclusão de aspectos epistemológicos e históricos na aprendizagem sobre ciência, e em especial na formação de professores (El-Hani, 2006, p. 12; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007, p. 157; Manuel, 1986, p. 196-197). Estudos com episódios<sup>1</sup> históricos de Biologia e o

---

<sup>1</sup> 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

seu desenvolvimento para o ensino são defendidos como forma de melhoria no processo de ensino e aprendizagem (como por exemplo, Martins, 1998, p. 18; Martins & Brito, 2006, p. 245; Prestes & Caldeira, 2009, p. 77). A abordagem da história da ciência no ensino 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. Também permite conhecer o próprio processo de formação de conceitos, teorias e modelos explicativos. Além disso, pode auxiliar o ensino da ciência, tornando-a não apenas mais atraente, mas principalmente mais acessível para o aluno, possibilitando uma melhor compreensão conhecimento científico atual (Martins & Brito, 2006, p. 245).

Embora na área de ensino haja um número reduzido de pesquisas que tragam resultados sobre a inserção de textos históricos na formação inicial de professores e pesquisadores, Caldeira aponta que os graduandos em Ciências Biológicas, em muitos casos, concluem várias disciplinas e, mesmo assim, apresentam dificuldades em descrever o desenvolvimento do conhecimento científico (Caldeira, 2009, p. 75). Essa limitação é oriunda de um ensino focalizado nos conceitos biológicos atuais que não facilita a compreensão dos obstáculos epistemológicos que foram superados no decorrer dos séculos e que não contribuí para o entendimento de ciência como um corpo de conhecimentos em constante construção. Assim, investigações 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. Neste sentido, justifica-se a realização de pesquisas que busquem levantar as contribuições das discussões epistemológicas e históricas no ensino de biologia, em especial no contexto da formação inicial de professores e pesquisadores de Biologia.

Este trabalho está inserido em uma investigação mais ampla realizada em um Grupo de Pesquisadores em Epistemologia da Biologia de Cascavel/PR - GEBCA, o qual envolve estudos e pesquisas acerca do conhecimento biológico, com a participação de acadêmicos, pós-

---

restritiva, considerando-o como parte de um processo que envolve o período histórico.

graduandos e professores pesquisadores. O objetivo desta pesquisa foi levantar e discutir as concepções de graduandos acerca dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo e a percepção destes sobre a inclusão, nos estudos do GEBCA, do episódio histórico da proposição da teoria genotípica de Wilhelm Ludwig Johannsen (1857–1927), como desencadeador de reflexões de cunho epistemológico e didático.

## **2 A HISTÓRIA DA BIOLOGIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES**

Para Scheid, Ferrari e Delizoicov, a formação inicial do professor de ciências deve contemplar uma formação em epistemologia e história da ciência, pois poderá fornecer os subsídios para torná-lo um profissional sintonizado com os desafios contemporâneos (Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007, p. 157). Carvalho e Gil-Pérez 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.” (Carvalho & Gil-Pérez, 2009, p. 28). Para estes autores, o pensamento, a reflexão e as ações acerca da construção do conhecimento científico passam a ser necessidade formativa dos professores de biologia. As discussões de conceitos biológicos com base na história e epistemologia da ciência podem permitir aos licenciandos compreender 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 diversos autores, dentre eles, Bizzo (1992, p. 34), Matthews (1995, p. 165), Carvalho e Gil-Pérez (2009, p. 28), Krasilchick e Trivelato (1995, p. 4-26), Bastos (1998, p. 69-70), El-Hani (2006, p. 4-6), Medeiros (2007, p. 273-274). Em síntese, estes autores salientam que usar a abordagem histórica possibilita uma maior compreensão do processo do conhecimento científico, ao explicar elementos e fatos envolvidos na construção da ciência e da tecnologia; serve como base para a identificação de temas funda-

mentais 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 assinalam evidências de que este facilita a educação científica, ao possibilitar entender a ciência de uma perspectiva diferenciada, ressignificando-a. Para Krasilchick e Trivelato, 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 e das discussões dos problemas atuais e de suas implicações (Krasilchik & Trivelato, 1995, p. 4-26). A história da ciência pode ser o lugar no qual o professor busca a inspiração para definir conteúdos essenciais, sequências de conteúdos, atividades de ensino (incluindo as aulas práticas), exemplos, perguntas e problemas a serem estudados pelos alunos.

Nesta direção, haja vista a relevância da abordagem histórica no ensino de Biologia de forma contextualizada, conforme exposto por Matthews:

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino por que: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência – a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente (Matthews, 1995, p. 172).

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 Bastos: 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 (Teodoro & Nardi, 2003, p. 60).

Para Bastos, 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 (Bastos, 2005, p. 52). Diante dessa realidade, mesmo com o interesse crescente no uso da história da ciência como forma facilitadora da compreensão da Biologia, pode tornar-se inviável e prejudicial à aprendizagem, pois, de acordo com Teodoro e Nardi, os conceitos específicos do passado são de difícil compreensão (Teodoro & Nardi, 2003, p. 60). O uso de relatos históricos pode gerar confusões por já terem sido descartados por outros e pode gerar também a desmotivação, por tratar de conhecimentos que já estão ultrapassados na visão dos alunos.

Medeiros acrescenta que na atualidade não faltam recomendações quanto à relevância do uso da história e filosofia no ensino, entretanto, faltam reflexões acerca das razões de ser de tais recomendações e as suas formas de uso, enfim faltam mesmo condições de serem desenvolvidas no âmbito da sala de aula (Medeiros, 2007, p. 274). 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 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 apresentam questões em aberto, constituindo desafios aos pesquisadores em história e filosofia da ciência.

Nesta direção, mesmo que a história da ciência seja inserida no contexto de ensino, se ela for apresentada apenas como uma sequência 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. Martins e Brito assinalam o fato de a maioria das vezes o professor de ciências recorrer aos fragmentos históricos que acompanham o conteúdo científico nos livros didáticos (Martins & Brito, 2006, p. 246). Esse profissional não percebe as limitações, pois possuem formação deficiente para o uso da história da ciência no ensino.

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 a história da ciência, o ensino de ciências e as áreas específicas da Biologia. Entretanto, trata-se de uma ação que deve ser adequada pelo professor no desenvolvimento de atividades de ensino e aprendizagem. Somente assim o material poderá se efetivar como material didático e chegar à sala de aula com qualidade.

Prestes e Caldeira recorreram às análises de Michael Mathews e Richard Duschl acerca das pesquisas em história da ciência na educação científica realizadas entre as décadas de 1950 e 1980. Estes dois últimos autores identificaram duas tendências existentes na área nesse período. Uma refere-se ao interesse por investigações relacionadas a como desenvolver a história e epistemologia da ciência no ensino de ciências como elemento norteador de todo um curso ou disciplina isolada. A outra tendência contempla a inclusão de episódios históricos específicos, de forma pontual, em unidades de cursos e disciplinas de ciências (Prestes & Caldeira, 2009, p. 7).

O exposto acima ressalta a relevância de investigações que se caracterizam como intervenções no ensino por meio de estratégias que busquem fomentar discussões sobre 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.

Face à importância da compreensão, por parte de alunos e professores de diferentes níveis de ensino, de definições básicas do conhecimento biológico, tais como gene, genótipo e fenótipo, e considerando a inclusão de episódios históricos da Biologia no ensino como uma possibilidade para tal compreensão, na sequência são apresentadas algumas das ideias presentes na teoria genotípica de Johannsen.

### 3 A TEORIA GENOTÍPICA DE JOHANNSEN

Com o intuito de identificar a proposição de conceitos da área de genética e seu contexto de inserção, o intuito é 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<sup>2</sup>. Para tanto, analisa-se o artigo “The genotype conception of heredity” (Concepção genotípica da hereditariedade), publicado em 1911.

No percurso das investigações realizadas por Johannsen, destaca-se o seu trabalho experimental relacionado à genética de plantas. Em seus experimentos de seleção em linhagens puras de feijão, ele compreendeu que a medida da aparência de qualquer indivíduo encontrava-se em duas causas: hereditariedade e ambiente (Wanscher, 1975, p. 126). Com os resultados dos experimentos e de seus estudos, Johannsen propôs novos termos e conceitos relacionados aos fatores que promovem a variação biológica. Ele propôs originalmente a teoria da herança genotípica em seu livro *Elemente der exakten erblichkeitslehre* (Elementos exatos da hereditariedade genética), publicado em 1909.

Conforme indica Mayr, antes de 1909 não havia um termo aceito de modo geral para designar o fator genético que subsistia num determinado caráter visível (Mayr, 1998, p. 820). Antes da proposta de Johannsen, e mesmo algum tempo depois, desde 1900, os mendelianos utilizavam o termo “fator” para se referir aos elementos responsáveis pela hereditariedade. Os cientistas, de um modo geral, utilizavam o termo “caracteres” ou “caracteres unitários” (*unit-characters*) tanto para se referir ao material hereditário que estava nos gametas como para se referir às características externas visíveis dos organismos. Mesmo após a distinção entre o material hereditário no interior dos gametas (genótipo) e as características externas visíveis (fenótipo) feita por Johannsen, esta atitude se manteve durante alguns anos. Isso transparece em diversos trabalhos como, por exemplo, os de William Bateson (1861-1926) ou mesmo nos trabalhos publicados por Tho-

---

<sup>2</sup>Uma contextualização mais ampla acerca do episódio histórico da teoria genotípica é apresentado em Justina *et al.*, 2010.



mas Hunt Morgan e seus colaboradores, a partir de 1910-1911<sup>3</sup>. Johannsen, 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 âmbito do 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. Johannsen ressalta que esta visão não aprofundava 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)

Na época, vários autores discutiam sobre a natureza dos fatores hereditários, mais tarde chamados genes. Johannsen assim se expressou a respeito deste assunto:

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)

---

<sup>3</sup> Para maiores detalhes ver, por exemplo, Martins, 1997, cap. 4.

Johannsen não explicita 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 “semelhanças” ou “diferenças genotípicas”, por não individualizarem o genótipo ou genes como estruturas morfológicas e não incorrerem 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 ilustra essa ideia com o caso de organismos com suposta constituição genotípica idêntica, desenvolvida sob condições ambientais distintas. Com esse exemplo, ele indica que não seria possível, pela simples observação, decidir se os organismos observados, apesar das 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. “Certamente fenótipos são coisas reais” (Johannsen, 1911, p. 134).

De acordo com Wanscher, “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” (Wanscher, 1975, p. 126). Assim, o fenótipo se reporta à aparência do organismo, em todas as fases de seu desenvolvimento, sob a influência do ambi-

ente. Embora o fenótipo possa ser medido e descrito, é uma realidade abstrata, pois não se refere ao próprio organismo, mas à sua descrição.

Para Johannsen, o genótipo é exposto como a soma total de todos os genes. A definição é concreta. Johannsen explica o genótipo comparando-o com uma molécula de água. Em suas palavras:

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)

Embora o conceito de genótipo na obra de Johannsen passe de um conceito abstrato para um concreto para novamente retornar a um conceito abstrato (conforme Wanscher, 1975, p. 146), a definição de “soma de todos os genes” é a mais frequentemente encontrada em dicionários e livros didáticos. O conceito de genótipo é ainda atualmente entendido por alguns geneticistas desta forma, embora em outro enquadramento conceitual.

A visão clássica do gene prevalecente durante as décadas de 1910 a 1930, de um modo geral, apresentava o gene como a unidade indivisível de transmissão genética, recombinação genética, mutação genética e função genética. Somente no início da década de 1940, a descoberta da recombinação intragênica levou ao neoclássico conceito de gene, que prevaleceu até a década de 1970. As descobertas da tecnologia do ácido desoxirribonucléico, ADN, no início dos anos 1970, levaram a uma 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, p. 276), o conceito geral do gene, e consequentemente de ge-

nótipo, permanece em aberto, sendo adotado de formas diversas pelas diferentes áreas das ciências biológicas.

#### **4 METODOLOGIA DA PESQUISA**

Este estudo foi realizado com nove (A1-A9) graduandos da Licenciatura em Ciências Biológicas, participantes do GEBCA, com a mediação de duas pesquisadoras (M1 e M2). A pesquisa configurouse com enfoque qualitativo e, concordando com Gaskell (2002, p. 65), não teve por finalidade calcular o número de opiniões ou pessoas, mas ao contrário, explorar diferentes ideias presentes em enunciados emitidos pelos participantes da amostra investigada em diálogos estabelecidos no GEBCA. A investigação foi norteada pelas seguintes questões abertas: (1) os conceitos de gene, genótipo e fenótipo na história da Biologia e no ensino; (2) abordagem da teoria genotípica em materiais didáticos; e, (3) papel da abordagem da história da Biologia na formação inicial de professores e pesquisadores.

Ao conceber o desenvolvimento da pesquisa como um processo (Flik, 2009, p. 96-98), a coleta de dados envolveu três momentos, no decorrer de 2009. No primeiro, contemplando a primeira questão, com uma semana de antecedência, foi realizada uma discussão coletiva sobre a origem dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo. Também, foi entregue aos estudantes, para estudo individual, o artigo original acerca da teoria genotípica de Johannsen. No segundo momento, envolvendo as duas primeiras questões investigadas, a dinâmica do encontro do grupo esteve centrada na compreensão dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo, tal como descrito no artigo de Johannsen. Realizou-se também uma problematização e comparação entre as ideias explicitadas em livros didáticos e as descritas no artigo em estudo. Após, foi realizada uma discussão de como esses conceitos propostos pelo autor foram sendo utilizados pela ciência, por meio de recontextualização na história da Biologia. Por fim, houve o debate sobre os referidos conceitos no âmbito do conhecimento biológico atual. No terceiro momento, contemplando a questão 3, realizou-se entrevista individual, em que uma das questões foi referente ao papel da história da ciência na formação de professores e pesquisadores de Biologia.

A coleta de dados foi mediante gravação de diálogos entre os licenciandos e pesquisadoras durante os três momentos acima. Considerando as questões de investigação, as gravações foram transcritas e analisaram-se os enunciados emitidos pelos graduandos em relação à:

- 1) reconstrução dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo;
- 2) percepção da teoria genotípica em materiais didáticos;
- 3) percepção da abordagem da história da Biologia na formação inicial de professores e pesquisadores.

## **5 APRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO**

### **5.1 Ideias acerca dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo**

Em discussão em encontro anterior ao estudo do episódio histórico de Johannsen, percebemos que os alunos atribuíam a origem dos conceitos de genótipo e fenótipo a Mendel, conforme consta no diálogo coletivo abaixo.

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

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 [...]

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

A1 teve dúvidas se os fatores mendelianos se referiam ao genótipo ou ao fenótipo. A7 apontou ser o genótipo. Esta associação restrita do conhecimento em genética a Mendel reflete o apontado por Justina e Ferrari de que no ensino se enfatizam os feitos deste cientista em detrimento de outros geneticistas (Justina & Ferrari, 2010, p. 132). Não houve menção pelos estudantes à teoria genotípica de Johannsen.

Quando questionados sobre a separação entre genótipo e fenótipo, os estudantes apresentaram ideias associadas à genética molecular,

a abordagem predominante no contexto da graduação em Ciências Biológicas, conforme apontado por Schneider e colaboradores (Schneider *et al.*, 2011, p. 218). Tal abordagem passa a se constituir em conhecimento a-histórico (Caldeira, 2009, p. 83). Essa visão está de acordo com o apontado por Joaquim e colaboradores sobre a predominância do conceito molecular em graduandos de Ciências Biológicas (Joaquim *et al.*, 2007, p. 12). Isto está explícito no diálogo abaixo, nas falas de A2, A9 e A7.

A2: O fenótipo eram 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.

Entretanto, após a leitura do artigo de Johannsen, no momento da discussão coletiva, ao serem questionados acerca de os conceitos de gene, genótipo e fenótipo, A1 colocou que não tem como associar o gene a uma única estrutura. Para A6 há influência ambiental. A7 faz uma analogia com o proposto por Johannsen com o conhecimento atual acerca desses conceitos.

A1: Não. Os estudos atuais de gene estão mostrando que isso não é possível.

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

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

M1: O que mais chamou a atenção de vocês no momento da leitura do artigo do Johanssen?

A7: Como A1 falou antes, o interessante que o Johanssen não via o gene como uma estrutura física. E hoje novamente estamos discutindo essa ideia, graças ao grupo que a gente começou a pensar que existem mais coisas envolvidas que o DNA [...].

Quando se analisa o diálogo acima, percebem-se evidências de que houve uma ampliação conceitual no âmbito do coletivo do grupo, ao inserir a ideia de gene processual e inclusão de fatores ambientais<sup>4</sup>. Encontraram-se indicativos também de que o conhecimento científico passou a ser concebido no coletivo do grupo como em constante construção e não algo estático, como no caso do diálogo abaixo estabelecido com A5.

A5: Quando estudamos genética, não se pensa sobre a separação entre o que é fenótipo e genótipo. Eu achava que estava separado sempre [...] desde Mendel.

M1: E o que significou para você conhecer a teoria genotípica?

A5: [...] me tornou mais crítico. Agora fico pensando sobre o conhecimento que está por trás e não apenas o que é dado em aula [...] escrito no texto [...] nem sempre as coisas foram como são hoje.

O enunciado de A5 acerca da construção do conhecimento científico corrobora o sugerido por Justina e colaboradores de que o estudo do episódio da teoria genotípica poderia ser um potencializador de discussões acerca da natureza da ciência e da percepção de processo na evolução conceitual da Biologia pelos estudantes (Justina *et al.*, 2010, p. 69).

Também houve a solicitação por parte dos licenciandos para inclusão de outros conceitos em estudos posteriores do grupo para a

---

<sup>4</sup> A explicitação de diferentes conceitos de gene é encontrada em Schneider *et al.*, 2011.

compreensão da história da genética e dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo, tais como os conceitos de “herança cromossômica” (A7) e “epigenética” (A1).

Considera-se que a inserção do artigo de Johannsen contribuiu para a compreensão desses conceitos que precisavam ser melhor estudados, pois o texto histórico forneceu elementos para subsidiar novas aprendizagens. Conforme Castro e Carvalho, quando os alunos chegam 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 das diversas incursões através do tempo, eles mostram disposição para reconstruí-lo (Castro & Carvalho, 1992, p. 232-233).

## 5.2 A abordagem didática da teoria genotípica

Durante as discussões iniciais no encontro do grupo, os estudantes sujeitos da investigação, ao compararem a teoria genotípica com as menções feitas em livros didáticos a Johannsen, limitando-o ao criador do termo “gene”, mostraram a percepção de que da forma que é abordada nesses materiais, a história da Biologia não contribui para a compreensão da natureza do conhecimento científico.

M1: A frase “O termo gene foi cunhado por Johannsen” presente em livros didáticos de genética do ensino superior. Como essa informação pode contribuir de alguma forma para o entendimento da genética?

A8: Ah! Não contribui

M1: Como teria que ser para contribuir?

A8: Com a história como foi que ele propôs [...] como foi descoberto [...] contar a história.

A1: [...] Teria que colocar a história de como foi, por que foi colocado esse nome, o contexto da época.

A8 e A1 sugeriram que a abordagem histórica deve ser mais contextualizada com a época em que ocorreu. Entretanto, os cursos de formação de professores não têm priorizado o ensino da história



da Biologia, muito menos de forma contextualizada. Conforme destacado por Carneiro e Gastal, é evidente a necessidade de adotar uma perspectiva histórica no ensino de Biologia, mas faltam os instrumentos para que esta proposta seja desenvolvida (Carneiro & Gastal, 2005, p. 38). A fim de a história da Biologia ser apresentada numa perspectiva distinta daquela que vem prevalecendo nos livros didáticos, é necessário repensar a sua abordagem nos cursos de formação inicial de professores. Tal necessidade também implica um esforço concentrado na produção de materiais curriculares, de leitura crítica dos materiais existentes e de pesquisas que apontem como a inserção de textos históricos contribui para fornecer aos professores indicadores a respeito de como trabalhar esta abordagem em suas aulas.

### **5.3 Percepções da abordagem histórica da Biologia na formação inicial**

Quando individualmente questionados sobre a relevância, para sua formação enquanto professores e/ou pesquisadores, da inclusão nos estudos do GEBCA de episódios históricos, como o caso da teoria genotípica de Johannsen, todos os alunos salientaram a importância. Por exemplo, nos enunciados de A4, A5, A8 e A9, evidencia-se a compreensão da dinamicidade da construção do conhecimento acerca do conhecimento biológico em diferentes contextos.

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.

A5: Percebi não somente com esse trabalho, mas também com outras 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 auxiliar na aprendizagem. Com certeza para mim foi muito importante, pois me permitiu ter uma maior clareza do fato histórico por trás do conhecimento [...]. Uma visão que não possuía até o desenvolvimento do mesmo.

A8: Essa ideia 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 ideia 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.

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 envolvesse 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.

No que tange às limitações, foram salientados cuidados na utilização da história da Biologia no ensino, no que se refere à abordagem adequada de episódios da história da ciência como um processo histórico e coletivo, corroborando com Martins (1998, p. 20), como é apontado por A7.

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.

## 6 CONCLUSÕES

Considera-se que a inclusão do episódio histórico da teoria genética em uma metodologia problematizadora no GEBCA contribuiu na formação inicial dos participantes desse grupo como professores e pesquisadores. Uma das contribuições foi no sentido da (re)construção conceitual inicial, em que a predominância de enunciados com um discurso estritamente mendeliano e molecular do genótipo passou para uma abordagem mais questionadora. Outra contribuição foi o despertar do interesse dos participantes para o estudo de outros episódios históricos e, conseqüentemente, de diferentes conceitos da genética, tais como o já mencionado conceito de epigenética, além de outros como eugenia e herança cromossômica. Também ficou evidenciada a percepção dos estudantes quanto à relevância da abordagem histórica para a aprendizagem do conhecimento biológico.

A inserção de episódios históricos 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”, os estudantes aprendem a questionar as antigas certezas e se apossam de um discurso epistemológico mais próximo da Biologia como ciência única. Ao se promover reflexões em um grupo de epistemologia da Biologia, em que se destaque a relevância e limites da abordagem da história da Biologia, na formação de professores e no ensino de biologia, poder-se-á estar contribuindo para formar professores que mobilizem conhecimentos nas diferentes áreas que compõem a Licenciatura em Ciências Biológicas, ao pensar a construção do conhecimento biológico como um processo coletivo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Fundação Araucária - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, Brasil pelo apoio que viabilizou esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, Fernando. História da ciência e pesquisa em ensino de ciências: breves considerações. Pp. 43-52, in: NARDI, Roberto (org.). *Questões atuais no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras, 2005.
- \_\_\_\_\_. O ensino de conteúdos de história e filosofia da ciência. *Ciência & Educação*, **5** (1): 55-72, 1998.
- BIZZO, Nélio Marco Vicenzo. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis. *Em aberto*, **11** (55): 28-35, 1992.
- CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Didática e epistemologia da Biologia. Pp. 73-86, in: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; ARAÚJO, Elaine S. Nicolini Nabuco de (orgs.). *Introdução à didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2010.
- CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL, Maria Luiza. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. *Ciência & Educação*, **11** (1): 33-39, 2005.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; GIL-PEREZ, Daniel. *Formação de professores de ciências*. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- CASTRO, Ruth Schmitz de; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, **9** (3): 225-237, 1992.
- EL-HANI, Charbel Niño. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. Pp. 3-21, in: SILVA, Cibelle Celestino (org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- FLICK, Uwe. *Introdução à pesquisa qualitativa*. Trad. Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GASKELL, George. Entrevistas individuais e grupais. Pp. 64-89, in: BAUER; Martin W.; GASKELL, George (orgs.). *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som*. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.
- KRASILCHIK, Myrian; TRIVELATO, Sílvia L. F. *Biologia para o cidadão do século XXI*. São Paulo: FEUSP, 1995.
- JOAQUIM, Leyla Mariane; SANTOS, Vanessa Carvalho; ALMEIDA, Ana Maria Rocha; MAGALHÃES, João Carlos; EL HANI, Charbel Niño. Concepções de estudantes de graduação de

- biologia da UFPR e UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de genética. *In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. 1 CD-ROM. Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.
- JOHANNSEN, Wilhelm Ludwig. The genotype conception of heredity. *The American Naturalist*, **45** (531): 129-159, 1911.
- JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; CALLUZZI, João José; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; CALDEIRA, Ana Maria Andrade. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. *Filosofia e História da Biologia*, **5** (1): 55-77, 2010.
- JUSTINA, Lourdes Aparecida Della Justina; FERRARI, Nadir. *A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico*. Cascavel: Edunioeste, 2010.
- MANUEL, Diana 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.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria cromossômica de herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. Campinas, 1997. Tese (Doutorado em Genética) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- . A história da ciência e o ensino de biologia. *Ciência e Ensino*, **5**: 18-21, 1998.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; BRITO, Ana Paula O. P. Moraes. A história da ciência e o ensino de genética e evolução no nível médio: um estudo de caso. Pp. 245-264, *in: SILVA, Cibelle Celestino (org.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a atual tendência de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, **12** (3): 164-214, 1995.
- MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Trad. Ivo Martinazzo. Brasília: Editora da UNB, 1998.
- MEDEIROS, Alexandre José Gonçalves de. A história da ciência e o ensino da física moderna. Pp. 273-292, *in: NARDI, Roberto (org.). A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. 2 ed. São Paulo: Escrituras, 2007.

- PORTIN, Petter. Historical development of the concept of the gene. *Journal of Medicine and Philosophy*, **27**(3): 257-286, 2002.
- PRESTES, Maria Elice B.; CALDEIRA, Ana Maria Andrade. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, **4**: 1-16, 2009.
- SCHEID, Neusa; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. 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.
- SCHNEIDER, Eduarda Maria; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; ANDRADE, Mariana A. Bologna Soares; OLIVEIRA, Thais B.; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. *Investigações em Ensino de Ciências*, **16** (2): 201-222, 2011.
- TEODORO, Sandra Regina; NARDI, Roberto. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso de atração gravitacional. Pp. 57-68, in: NARDI, Roberto (org.). *Educação em ciências: da pesquisa à prática docente*. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2003.
- WANSCHER, Johan Henrik. The history of Wilhelm Johannsen's genetical terms and concepts from the period 1903 to 1926. *Centaureus*, **19** (2): 125-147, 1975.

**Data de submissão:** 25/08/2011.

**Aprovado para publicação:** 22/11/2011.