



ALEXANDRIA

ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

DNA, a Molécula da Hereditariedade: História da Ciência na Formação Continuada de Professores

DNA, the Heredity Molecule: History Science in Teacher Continuous Training

Beatriz Segantini França^a; Thaís Gimenez da Silva Augusto^b

^a Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil – bia.sefran@gmail.com

^b Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, Brasil - thaisgime@gmail.com

Palavras-chave:

Ensino de biologia.
Formação continuada de professores. História da ciência. DNA.

Resumo: A importância da abordagem da História da Ciência (HC) no ensino de Ciências vem ganhando destaque na pesquisa há algumas décadas, contudo, é necessária formação docente sobre a temática. Visando suprir esse *déficit*, foi realizado um encontro de formação continuada com 18 professores pertencentes a uma Diretoria de Ensino da rede estadual do interior de São Paulo, com o tema “DNA, a molécula da hereditariedade”. O presente trabalho objetiva analisar tal encontro por meio das concepções dos professores participantes sobre HC, com ênfase no episódio histórico da proposição do modelo de molécula de DNA e suas relações com o ensino. Para isso, foi realizada uma pesquisa qualitativa, com coleta de dados através de questionários e filmagem do encontro. Os resultados mostraram que os professores não estudaram ou estudaram muito superficialmente a HC sobre esse tema durante a graduação, avaliam a abordagem da temática no material didático que utilizam como insuficiente e consideram que o encontro de formação continuada trouxe elementos importantes que contribuirão com sua prática pedagógica.

Keywords:

Teaching of biology.
Teacher continuous training. History of science. DNA.

Abstract: The importance of the History of Science (HS) approach in science teaching has been gaining prominence in research for some decades; however, there is a need for teacher training on the subject. In order to overcome this deficit, a meeting of teacher continuous training was held with 18 teachers from a Teaching Board of the interior of São Paulo, with the theme “DNA, a molecule of heredity”. The present work aims to analyze this encounter through the participant teachers' conceptions about HS, with emphasis on the historical episode of the proposal of the DNA molecule model and its relations with teaching. For this, a qualitative research was conducted, with data collection through questionnaires and filming of the meeting. The results showed that teachers did not study or studied HS very superficially on this theme during their undergraduate course, they evaluated the approach of the theme in the teaching material used by them as insufficient and consider that the meeting of teacher continuous training brought important elements that will contribute to their practice pedagogical.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Introdução

A inclusão da História da Ciência (HC) no ensino de Ciências tem sido defendida pela literatura da área há algumas décadas (MATTHEWS, 1995; CARNEIRO; GASTAL, 2005; SCHEID et al., 2005; SILVA et al., 2014). A abordagem da HC na educação básica gera a humanização da Ciência e a aproxima “dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade”, assim como as aulas tornam-se mais interessantes, desafiadoras e reflexivas, desenvolvendo o pensamento crítico nos alunos (MATTHEWS, 1995, p. 165).

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) defende o tratamento da HC no ensino das Ciências da Natureza afirmando que

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura (BRASIL, 2017, p. 550).

Apesar da HC ser defendida pelas orientações curriculares nacionais, buscando um melhor entendimento do processo de produção do conhecimento, a pequena presença desse tema na formação de professores e nos livros didáticos é um entrave para que de fato isso ocorra nas salas de aula (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Os materiais didáticos disponíveis na escola, muitas vezes, abordam a Ciência de forma a-histórica (CARNEIRO; GASTAL, 2005). Quando a HC está presente é na forma de “pseudo-ciência” que, segundo Martins e Brito (2006, p. 247), é caracterizada por “selecionar fatos que criam uma imagem enganosa e dão uma falsa impressão acerca da natureza da Ciência”. Ademais, não são apenas os materiais didáticos da educação básica que apresentam uma visão distorcida da Ciência, os livros universitários, apesar de se apresentarem um pouco mais contextualizados, também reforçam essa visão. Portanto, a maioria dos professores apresenta um duplo reforço dessa imagem da Ciência como verdadeira, imutável e descontextualizada, pois isto está presente em sua formação inicial (livros universitários) e na sua prática pedagógica diária (livros didáticos da educação básica) (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Uma das dificuldades que os professores têm em incluir HC em suas aulas, apontada pela literatura, é a falta de “acesso a materiais históricos apropriados [e a] escassez de textos em História da Ciência voltados para o ensino” (PEREIRA et. al, 2008, p. 2319). Para que esse quadro mude e a HC seja abordada de forma adequada na sala de aula, é preciso repensar a formação dos professores (inicial e continuada), além da necessidade de produzir materiais adequados. Em relação à formação, Pereira et. al. (2008) enfatizam a importância da reflexão e o debate do tema durante todo o processo. Martins e Brito (2006) também apontam que os

materiais devem ser produzidos por especialistas na área, tanto aqueles que serão publicados quanto a revisão daqueles que já estão inseridos no mercado.

Martins (2007 *apud* OLIVEIRA et. al., 2016) afirma que existem diversos cursos de licenciaturas que começaram, recentemente, a introduzir a HC na formação inicial dos professores, seja na forma de disciplina ou “diluída” ao longo do curso, e com isto, espera-se que o professor consiga introduzir essa abordagem na sala de aula. Para os professores que não tiveram a HC na formação inicial, faz-se necessário a formação continuada, uma vez que esta deve permitir a atualização dos conhecimentos científicos recentemente produzidos e suprir os *déficits* apresentado na formação inicial (CUNHA; KRASILCHIK, 2000).

Com o intuito de minorar essa lacuna na formação de professores em HC, foi realizado um curso de formação continuada para docentes vinculados a uma Diretoria de Ensino de uma cidade do interior de São Paulo, o qual tratou da HC com a finalidade de propiciar aos participantes uma melhor compreensão da natureza da Ciência e dos processos de sua construção. Um dos encontros desse curso teve como tema “DNA, a molécula da hereditariedade”. Esse tema foi escolhido, pois a publicação de Watson e Crick sobre a estrutura do DNA é considerada um marco científico; apresenta controvérsias em relação à participação de Rosalind Franklin e o conhecimento da HC pode auxiliar na compreensão do conteúdo, uma vez que ele é muito abstrato para os alunos. Ademais, a história sobre como se chegou a aceitação do DNA como molécula da hereditariedade é pouco abordado no ensino médio. O presente trabalho objetiva analisar tal encontro por meio das concepções dos professores participantes sobre HC, com ênfase no episódio histórico da proposição do modelo de molécula de DNA e suas relações com o ensino.

História das pesquisas sobre a molécula de DNA

A identificação da molécula de DNA

O início dos estudos sobre a molécula de DNA ocorreu no começo da década de 1870, com o trabalho do médico suíço Friedrich Meischer. Nesse período, os pesquisadores começaram a se interessar pela origem e funções das células, pois a hipótese da geração espontânea havia sido derrubada há pouco tempo. Meischer começou estudar a química das células de pus e seu objetivo era investigar as proteínas presentes nas mesmas. Um dos precipitados obtidos em seus experimentos era diferente daqueles conhecidos até o momento, posteriormente, ele identificou que a substância nova se concentrava no núcleo da célula. Suas análises mostraram quantidades diferentes dos elementos hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio, em relação às proteínas, e a presença de fósforo, ausentes nas mesmas. A essa substância se deu o nome de nucleína (MAYR, 1998 *apud* OLIVEIRA, 2009). Esse novo conhecimento não foi aceito de imediato pela comunidade científica, isso ocorreu apenas em

1889, quando o pesquisador Richard Altmann obteve preparações de nucleínas altamente purificadas. Devido ao caráter ácido, a nucleína passou a ser chamada de ácido nucleico (OLIVEIRA, 2009).

Por volta de 1890, o pesquisador Albrecht Kossel encontrou duas bases nitrogenadas conhecidas no ácido nucleico: adenina e guanina. Posteriormente, encontrou timina e citosina. Com a ajuda de colaboradores, em 1894, afirmou que os ácidos nucleicos tinham, além das bases nitrogenadas e fósforo, pentoses. Em 1909, Phoebis Levine e Walter Jacobs determinaram como essas três moléculas estavam organizadas, denominando essa união de nucleotídeo (união dos três elementos). Após 21 anos, Levine e outros colaboradores caracterizaram dois tipos de ácidos nucleicos de acordo com a pentose que apresentam: ácido ribonucleico (RNA) e ácido desoxirribonucleico (DNA) (OLIVEIRA, 2009).

DNA como molécula da hereditariedade

No episódio da "Transformação bacteriana" que ocorreu por volta de 1927, Griffith observou que as bactérias capsuladas da linhagem pneumococos (*Streptococcus pneumoniae*), hoje considerados estreptococos, causavam pneumonia em ratos, já as bactérias sem cápsula não eram patogênicas. Através de experimentos, ele obteve que as bactérias capsuladas mortas pelo calor perdiam a capacidade de causar doenças. Contudo, ao injetar em ratos sadios bactérias capsuladas mortas e bactérias não capsuladas vivas, os mesmos desenvolviam a doença. O pesquisador concluiu que as bactérias se transformavam, uma vez que as não capsuladas vivas adquiriram a capacidade de causar doença através de um "fator transformante". Ele dizia que as bactérias sem cápsulas ingeriam uma substância proveniente das bactérias mortas, o "*pabulum*", tornando-se patogênicas. Nessa época havia uma grande dúvida que impediu a aceitação desses resultados pela comunidade científica: as bactérias eram capazes de sofrer mutações ou não? Avery e outros pesquisadores analisaram o experimento de Griffith e afirmaram que os pneumococos eram imutáveis. Eles argumentavam que os resultados encontrados por Griffith se deviam a um inadequado controle experimental (ROSA, 2008).

Em 1928, mesmo ano em que Griffith relatou seus resultados, Neufeld e Levinthal refizeram os experimentos dele e chegaram à mesma conclusão: as bactérias sofriam mutação. Após essa constatação, a comunidade científica passou a aceitar os resultados de Griffith, contudo, a explicação de como ocorria a mutação (ingestão do "*pabulum*") não foi aceita (ROSA, 2008).

É interessante mencionar aqui a importância de considerarmos como a comunidade científica trabalha. Uma experiência científica não vale por si só, mas somente quando interligada a uma rede complexa em que intervêm fatores culturais, sociais, psicológicos e políticos. Os cientistas trabalham com o que está disponível no

momento de suas pesquisas e o desenvolvimento de seus campos de conhecimento, considerando o contexto social e político do período (ROSA, 2008, p. 29).

Em 1933, Alloway fez um experimento *in vitro*, no qual separava os componentes das células bacterianas e formava um precipitado grosso e fibroso, que quando misturado com as bactérias sem cápsulas vivas ainda era capaz de transformá-las. Esse experimento preparou o caminho para Avery, McLeod e MacCarty pesquisarem a natureza desse precipitado ativo (ROSA, 2008).

Avery e colaboradores obtiveram uma solução muito pura do precipitado da solução bacteriana e começaram a isolar seus componentes, colocando enzimas que desintegravam substâncias específicas (polissacarídeos, proteínas, RNA e DNA). Em 1944, a única solução que perdeu sua capacidade de transformação, foi aquela tratada com DNase, ou seja, a que não continha o DNA. Portanto, era possível inferir que o princípio transformante era o DNA. Apesar dessa conclusão, a comunidade científica de geneticistas e químicos não aceitou os resultados. Isto ocorreu porque no início do século XX, esses cientistas acreditavam que as proteínas eram o fator de transformação, uma vez que eram bem conhecidas suas especificidades, suas bases químicas e eram maiores e mais complexas que os ácidos nucleicos (essa concepção é conhecida como o paradigma da proteína). Além disso, o próprio Avery reconhece as possíveis limitações de seus métodos e que o extrato poderia estar contaminado (ROSA, 2008).

Historiadores da ciência afirmam que as possíveis causas dessa não aceitação dos resultados são: a proposição prematura, isto é, a comunidade científica não estava pronta para aceitar os resultados, por causa do paradigma da proteína; Avery era muito tímido e por isto não brigou para ser ouvido; e ele publicou em uma revista médica de pouca circulação entre os geneticistas e químicos, sendo estes o público-alvo do trabalho com material genético (BATISTETI, 2010).

Apenas em 1952, depois dos resultados de Hershey e Chase com bacteriófagos (marcaram o DNA e proteínas com substâncias radioativas, observaram que esses vírus introduziam o DNA nas bactérias para sua reprodução) a comunidade científica como um todo aceitou que o DNA era o fator transformador, tornando-se esse o novo paradigma vigente. Foram necessários oito anos para que os resultados de Avery fossem aceitos pela comunidade científica geral, isso se deu porque o paradigma da proteína começou a entrar em crise lentamente, até que não respondia mais as perguntas que surgiam e os cientistas começaram a considerar as outras possibilidades (ROSA, 2008).

A estrutura do DNA

Francis Crick era um físico e James Watson, um zoólogo, que se conheceram em 1951 ao começarem a trabalhar no mesmo laboratório. Eles acreditavam que o DNA era a molécula responsável pelo segredo da vida e passavam muito tempo discutindo sobre o assunto (OLIVEIRA, 2009).

Nesse mesmo ano, Watson foi a uma palestra de Rosalind Franklin sobre o DNA. A pesquisadora trabalhava com difração de raio X e técnicas de cristalografia. Ela afirmava que as bases nitrogenadas se colocavam para fora da estrutura helicoidal e a molécula poderia ser formada por até quatro cadeias. A partir disso, Watson e Crick começaram a construir um modelo de DNA com três hélices. Ao terminarem, convidaram Maurice Wilkins, que também trabalhava com difração de raio X e era chefe de Franklin, para ver a nova estrutura. Apesar de não ter sido convidada, ela também foi conhecer essa estrutura e fez uma pergunta que deixou Watson e Crick intrigados: “Onde estão as moléculas de água?”. Watson havia interpretado erroneamente os dados de Franklin apresentados na palestra e precisava adicionar ao modelo dez vezes mais moléculas de água (OLIVEIRA, 2009). Rosalind ficou irritada pelo fato dos pesquisadores terem usado seus dados e foi reclamar com o diretor do laboratório em que Watson e Crick trabalhavam. O diretor determinou que os pesquisadores não continuariam a pesquisar sobre o DNA e agora isto era responsabilidade de Wilkins e Rosalind (BRODY; BRODY, 1999 *apud* OLIVEIRA, 2009).

Em 1952, haviam boatos que Linus Pauling estava prestes a descobrir a estrutura do DNA. No mesmo ano seu filho, Peter Pauling, começou a trabalhar no mesmo laboratório que Watson e Crick e mostrou a eles um negativo de raio X que o pai conseguiu da molécula. Nesse momento eles concluíram que a estrutura era helicoidal e não linear (OLIVEIRA, 2009).

Durante muito tempo faltaram alguns elos para formar a estrutura. Watson voltou ao laboratório de Wilkins e este exibiu imagens que Rosalind tirou da estrutura de DNA, sem o consentimento da mesma, que mostravam a existência da dupla hélice. Então se iniciou uma corrida contra Linus Pauling, agora autorizada pelo diretor do laboratório, uma vez que era de interesse que tal proposição fosse creditada ao laboratório (OLIVEIRA, 2009).

Antes da aceitação do DNA como molécula da hereditariedade, em 1950, Chargaff investigou as bases nitrogenadas do DNA e propôs que as bases timinas só se ligavam com as adeninas, assim como as citosinas com as guaninas. Watson e Crick tiveram conhecimento dessas razões, mas ainda faltavam informações (OLIVEIRA, 2009).

Certo dia, Watson e Crick estavam conversando com um amigo químico, Jerry Donohue, sobre a dificuldade em montar a estrutura. Ao desenharem a estrutura das bases, o amigo afirmou que eles estavam usando as estruturas erradas e mostrou como devem ser. Isto

era o que faltava para completar o modelo e em 25 de abril de 1953, Watson e Crick publicaram o modelo da estrutura do DNA na revista científica *Nature* (OLIVEIRA, 2009).

Percurso metodológico

A presente pesquisa é de cunho qualitativo, sendo essa caracterizada pelo fato do pesquisador entrar em contato direto com a situação estudada e apresentar caráter descritivo (GODOY, 1995a). Conforme dito anteriormente, o presente trabalho analisou os dados obtidos durante um encontro de formação continuada sobre HC realizado no ano de 2016, com duração de oito horas e que contou com a participação de 18 professores de Biologia vinculados a uma Diretoria de Ensino da rede estadual de ensino de uma cidade do interior de São Paulo.

Como preparação para o encontro de formação continuada, foi realizada uma análise documental, que é caracterizada pelo estudo de documentos de diversos gêneros textuais. A vantagem de sua utilização é que as informações se mantêm inalteradas ao longo do tempo, podendo ser obtidas na íntegra (GODOY, 1995b). Durante o planejamento do encontro foi analisado o segundo volume do Material de Apoio do Currículo do Estado de São Paulo para o Ensino Médio. Esse material é dividido em situações de aprendizagem que desenvolvem um tema específico e contém atividades e textos para tal. Buscou-se a presença da HC na situação de aprendizagem que aborda o episódio do estabelecimento do DNA como molécula da hereditariedade.

No início do encontro, foi entregue para os participantes um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual explicava detalhadamente a presente pesquisa, acompanhado de um questionário que visava coletar as concepções dos docentes sobre o tema. Essa técnica é vantajosa no sentido de abranger um maior número de pessoas, em um curto espaço de tempo, além de garantir o anonimato (GIL, 2008). O questionário impresso continha um quadro com dez sentenças que os professores assinalavam com base em seu grau de concordância com as mesmas (Ver Quadro 1), além de três questões dissertativas. As sentenças eram sobre os temas: desenvolvimento da Ciência, HC e fatos históricos sobre do estabelecimento do DNA como molécula da hereditariedade. Já as questões dissertativas eram: *O que você sabe a respeito da descoberta¹ do DNA como material genético? Você estudou sobre isso durante a graduação ou em algum curso de formação continuada? Em sua opinião, o Caderno do Professor e do Aluno trata deste tema suficientemente e de forma adequada? Comente.* Não foi estipulado um tempo para os professores responderem, portanto o encontro só teve

¹ Mantivemos o termo “descoberta” uma vez que ele foi utilizado no questionário elaborado no início da pesquisa. Contudo, após avançarmos nos estudos da Epistemologia da Ciência, compreendemos que o mesmo não é adequado no contexto científico, ainda que algumas das referências citadas o utilizem.

continuidade após o último professor entregar seu questionário. Ao final da formação continuada, a representante da Diretoria de Ensino entregou para os participantes um questionário para a avaliação do encontro que continha quatro sentenças a serem completadas: *Do que eu vi e ouvi, destaco... Das metodologias e estratégias utilizadas, destaco... Eu levo... Eu sugiro...* As respostas ao segundo questionário também foram consideradas na análise. Ambos os questionários eram anônimos, ou seja, não era solicitado que os professores se identificassem.

Ademais, a formação foi filmada para posterior transcrição e análise dos diálogos ocorridos. A filmagem é um método de coleta de dados qualitativos eficiente, pois possibilita a visualização do fenômeno várias vezes e por diferentes pesquisadores, diminuindo a seletividade dos mesmos (HONORATO et. al. 2006). Posterior a coleta da filmagem é necessária a transcrição, pois esta transforma as informações orais em escritas, o que facilita a sistematização das mesmas (MANZINI, 2004). A análise dos dados foi realizada visando a categorização dos dados de acordo com suas semelhanças.

Descrição do encontro

O encontro intitulado “DNA, a molécula da hereditariedade” teve início com a entrega de um questionário (ver Quadro 1) para os professores que continha questões fechadas e abertas sobre a HC, assim como sobre o episódio da aceitação do DNA como molécula da hereditariedade pela comunidade científica. Após todos os professores participantes entregarem os questionários respondidos, iniciou-se uma sucinta explicação sobre o tema da formação continuada.

Em seguida, foi apresentada com o auxílio de equipamento multimídia, uma análise quanto à presença da História da Ciência na seção referente ao episódio da aceitação do DNA como material hereditário e do modelo de sua estrutura no Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo.

A primeira atividade prática foi a construção da “Linha do tempo”, na qual os professores tinham que colar as fotos de alguns cientistas na época que eles acreditavam que cada um viveu. Isso foi importante para um levantamento de conhecimentos que os professores tinham sobre alguns cientistas que trabalharam com o DNA direta ou indiretamente. A princípio não foram dadas as datas de nascimento e morte dos cientistas selecionados, ao terminar a formação, os professores puderam arrumar o que estava incorreto e acrescentar as datas.

Seguiu-se com uma apresentação preparada em projetor multimídia sobre o ácido nucleico e da transformação bacteriana. Após a exibição dos resultados obtidos a partir deste experimento, foi pedido para que os professores levantassem hipóteses do porquê de tais

resultados e após breves comentários se seguiu com a apresentação. A segunda atividade prática foi a extração do DNA de bananas para representar o experimento do Alloway de 1933 descrito na apresentação anterior.

Continuou-se com a apresentação expositiva-dialogada que elencava os principais pontos da história de Avery e colaboradores, sempre discutindo com os professores as questões filosóficas que permeavam o episódio. Para encerrar o período da manhã, foi apresentado o vídeo “DNA- A construção social da descoberta” produzido pela UFSCar que aborda o episódio histórico e uma reflexão sobre a produção da Ciência². Após a exibição, o conteúdo do vídeo foi debatido com os professores e foram feitas comparações com a situação da pesquisa universitária atual.

O período da tarde iniciou-se com uma leitura coletiva do texto “A fantástica descoberta da estrutura do DNA faz 50 anos”³ e discussão do mesmo. Antes da última atividade, foi realizada uma apresentação sobre os principais personagens presentes no episódio histórico da proposição da estrutura do DNA (Watson, Crick, Pauling, Franklin e Wilkins), comparando-os com o vídeo e o texto apresentado anteriormente e acrescentando informações complementares. Os professores se dividiram em dois grupos e foi pedido para que eles montassem um teatro sobre este episódio.

Ao final, foi discutido sobre as metodologias alternativas apresentadas na formação, como o teatro e a extração do DNA, e foi entregue uma avaliação do mesmo para os professores responderem. Essa última atividade foi produzida e recolhida pela Professora Coordenadora da Oficina Pedagógica de Biologia da Diretoria Regional de Ensino, posteriormente cópias dos questionários foram disponibilizadas para a presente pesquisa.

Os materiais didáticos produzidos para esse encontro de formação continuada foram integralmente cedidos aos professores participantes: apresentações para projetor multimídia, o texto lido coletivamente, o filme e um texto produzido pelas autoras do presente artigo, especialmente para o encontro, contendo um histórico da aceitação do DNA como material genético pela comunidade científica até a elaboração do modelo de sua molécula.

Resultados e discussão

Questionário inicial – assertivas

O Quadro 1 apresenta as sentenças presentes no questionário inicial, assim como o número de respostas dadas pelos participantes para cada uma. O questionário foi respondido por 18 participantes.

² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkaM18>

³ Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n2/15524.pdf>

Quadro 1 - Nível de concordância dos professores participantes quanto às questões assertivas do questionário.
*um dos professores participantes não respondeu essa questão.

Indique com um x, a resposta que expressa o seu grau de concordância com a posição de cada frase.		Discordo Plenamente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo plenamente	Não sei	Não entendi
1	O desenvolvimento científico acontece de forma independente do momento histórico vivido.	06	07	03	02	00	00
2*	O desenvolvimento científico ocorre por meio de uma sucessão de descobertas.	00	02	05	10	00	00
3	O microscópio, assim como outras invenções científicas, pode contribuir para o desenvolvimento da ciência.	00	00	02	16	00	00
4	O trabalho de Griffith foi importante, pois demonstrou que as bactérias sofrem mutações.	00	00	04	10	04	00
5	Avery e colaboradores demonstraram que o DNA era o princípio transformante que mutava as bactérias.	00	01	02	06	08	01
6	Os fracassos científicos geralmente não são trabalhados no contexto escolar.	02	06	05	05	00	00
7	O DNA sempre foi aceito como material hereditário.	08	03	02	04	01	00
8	Watson e Crick conseguiram desvendar a estrutura da molécula de DNA trabalhando isoladamente em seu laboratório.	08	03	05	01	00	01
9	Pesquisas realizadas por Rosalind Franklin contribuíram para as descobertas científicas feitas por Watson e Crick.	01	00	04	09	03	01
10	As descobertas de Griffith e Avery não foram aceitas a princípio pela comunidade científica.	00	00	04	03	10	01

Fonte: Elaboração própria.

A maioria dos professores participantes apresentou uma concepção de que o desenvolvimento científico depende do momento histórico, ou seja, a ciência é vista de modo contextualizado. Assim como Francelin (2005) afirma que o conhecimento científico não se transforma apenas por um experimento, antes disso se encontra a epistemologia, o paradigma, a ética, a moral e a política. Contudo, cinco participantes concordaram com a afirmação 1 (Quadro 1), o que mostra certo desconhecimento das influências que as questões históricas, sociais e econômicas têm na produção desse conhecimento.

Apesar de a maioria ter uma visão de ciência mais contextualizada, a concepção de HC identificada foi a linearidade do fazer científico, uma vez que 15 professores concordaram com a afirmação 2, mesmo que parcialmente (Quadro 1). Essa concepção é caracterizada pela ideia de que a Ciência é construída de forma contínua, que o conhecimento foi construído em sequência e tudo caminhou para o conceito correto e finalizado, sem que ocorressem erros (CARNEIRO; GASTAL, 2005). Dez professores afirmaram que os fracassos não são abordados no contexto escolar na afirmação 6, o que reforça essa concepção de construção científica linear.

Todos os professores concordaram, mesmo que parcialmente, que o desenvolvimento de determinadas técnicas está relacionado com a possibilidade de alcançar ou não determinados resultados (afirmação 3, Quadro 1). Apesar de as novidades tecnológicas serem um fator importante que tem influência sobre o fazer científico, essa ideia pode estar associada com a concepção de linearidade. Os professores podem entender os desenvolvimentos das técnicas de forma contínua e, conseqüentemente, a construção do conhecimento científico de forma linear, já que é dependente das mesmas (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Segundo Kuhn (2006), a ciência é construída a partir do pressuposto de que a comunidade científica sabe como o mundo funciona, dessa forma qualquer anormalidade que seja encontrada é suprimida para que se enquadre nesse conhecimento. Contudo, surgem ocasiões em que tal conhecimento não é suficiente para resolver algum problema encontrado, dessa forma, a ciência desorientada começa olhar para as anormalidades encontradas e investigá-las, chegando a um novo conhecimento de como o mundo funciona. Dessa maneira, a ciência se encontra em constantes transformações e a afirmação 7 (Quadro 1) mostra que 11 professores podem apresentar essa concepção de transformação, pois discordam que o DNA sempre foi aceito como material hereditário.

Quanto ao episódio histórico abordado no encontro de formação continuada, os professores mostraram que conheciam algumas partes da história da proposição da molécula de DNA e de sua estrutura. Por exemplo, 14 professores concordaram, mesmo que parcialmente, com a importância do trabalho de Griffith (afirmação 4, Quadro 1), mas metade dos professores participantes desconheciam os trabalhos de Avery e colaboradores que estavam relacionados ao primeiro pesquisador e foram fundamentais para demonstrar que o DNA era a molécula da hereditariedade (afirmação 5, Quadro 1). Ademais, muitos professores não apresentaram conhecimento acerca dos resultados de Griffith e Avery que não foram imediatamente aceitos pela comunidade científica (afirmação 10, Quadro 1).

A respeito da proposição da estrutura do DNA, mesmo a maioria concordando que Watson e Crick não chegaram sozinhos ao modelo, seis professores afirmaram que sim (afirmação 8, Quadro 1). Essa visão da minoria pode estar relacionada com lacunas na abordagem da HC na formação inicial, assim como o fato do Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo trazer apenas os dois pesquisadores como responsáveis por tal proposição e nem ao menos citar a controvérsia. O que vai ao encontro das afirmações de Carneiro e Gastal (2005) quanto a formação de professores e os livros didáticos serem um entrave para a presença da HC nas salas de aula. Apesar dessa visão distorcida do fazer científico de alguns professores, 13 concordam que Rosalind Franklin contribuiu para construção do modelo de DNA.

Questionário inicial – questões abertas

As respostas dos professores às três questões dissertativas do questionário inicial foram transcritas e categorizadas de acordo com suas semelhanças. A partir da questão “O que você sabe a respeito da descoberta do DNA como material genético?” foram criadas seis categorias. O resultado está exposto no Quadro 2.

Quadro 2 - Concepções dos professores participantes sobre o estabelecimento do DNA como material genético.

CATEGORIAS	Nº DE PROFESSORES	EXEMPLO
Não respondeu.	06	-
O DNA é o material genético/ hereditário.	05	“DNA é uma molécula transmitida aos descendentes, que carrega nossas informações”. “DNA contém o material genético dos indivíduos”.
HC associada a elucidação da estrutura química do DNA	03	“Que Watson e Crick estudaram a composição química do DNA [...]” “Conheço o trabalho de Watson e Crick e a contribuição de Rosalind Franklin”.
O DNA é composto pelos nucleotídeos.	02	“[...] que é constituído por um aglomerado de moléculas em cadeias constituídas por ácidos nucleicos (em dupla hélice) (nucleotídeo – base nitrogenada, açúcar e fosfato)”.
Consequências do estabelecimento do DNA como material genético.	01	“Tal descoberta foi fundamental para compreensão dos mecanismos de hereditariedade possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias tais como melhoramento genético entre outras”
HC associando Mendel e os estudos mais recentes sobre DNA	01	“Gregor Mendel estudou os mecanismos da hereditariedade, mas a ligação entre o DNA e suas funções só foi descoberta posteriormente, por outros pesquisadores.”

Fonte: Elaboração própria.

Ao serem questionados sobre seu conhecimento a respeito do episódio histórico da do estabelecimento DNA como molécula da hereditariedade (Quadro 2), seis professores não responderam. Cinco participantes apenas afirmaram que o mesmo é o material hereditário, sem relacioná-lo com sua história. Além disso, houve professores que descreveram a estrutura do DNA e as consequências dessa proposição. Ou seja, a maioria não respondeu o que era esperado: sobre a HC relacionada ao DNA. Isso indica que o instrumento não estava adequado com o que objetivava identificar, já que deixou margem para uma interpretação mais ampla por parte dos professores. Uma dificuldade na utilização de questionários escritos é a formulação das questões, que devem ser precisas e claras para se obter o resultado esperado sem, no entanto, induzir a resposta do entrevistado. A questão deveria ter feito uma referência clara a HC, por exemplo: O que você sabe a respeito da história do estabelecimento do DNA como molécula da hereditariedade?

Todavia, três professores afirmaram se lembrar dos personagens Watson e Crick. Isso pode ter ocorrido devido a proposição da estrutura do DNA ser um episódio famoso e conhecido no campo científico, além de estar presente no Caderno do Professor (Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo). Apenas um desses professores lembrou-se de outros personagens envolvidos na história, no caso, Rosalind Franklin. Silva (2010) afirma

que, mesmo o trabalho empírico de Franklin sendo considerado fundamental para a proposição do modelo dupla hélice, os pesquisadores Watson e Crick não a reconheceram dessa forma, o que acabou a deixando a margem da história. Isso mostra que a história veiculada, muitas vezes, foca apenas nos “gênios” que chegam ao produto final do conhecimento científico e ignoram aqueles que contribuem para tal construção. Além disso, apenas um professor comentou sobre os estudos de Mendel acerca da hereditariedade, que depois foi relacionado com o DNA, mostrando uma visão um pouco mais integrativa da Ciência.

A segunda questão aberta do Questionário Inicial era “Você estudou sobre isso durante a graduação ou em algum curso de formação continuada?”. As respostas mostram que a maioria dos professores não estudou, em nenhum momento de sua formação (inicial ou continuada), a história do DNA. Sete afirmaram que não estudaram e seis disseram que estudaram na graduação, mas não lembram ou foi pouco trabalhado. Cinco não responderam.

Como foi dito, Carneiro e Gastal (2005) apontam que para mudar como a HC é tratada no ensino é preciso que os professores estejam preparados para tal, o que não foi possível verificar com as respostas obtidas. Por esse motivo, fazem-se necessárias mais formações continuadas de professores que abordem a temática.

Além da formação de professores, outra lacuna que a literatura tem apontado para a inserção da HC na educação básica é a ausência ou tratamento inadequado da mesma nos materiais didáticos. Assim, a última questão apresentada aos professores de Biologia participantes do encontro foi: “Em sua opinião, o Caderno do Professor e do Aluno trata deste tema suficientemente e de forma adequada? Comente”. As respostas dos professores estão categorizadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Opinião dos professores participantes em relação à abordagem dada à história do estabelecimento do DNA como material genético nos Cadernos do Professor e do Aluno.

CATEGORIAS	Nº DE PROFESSORES	EXEMPLOS
Professores que consideram que a abordagem do tema não é adequada e suficiente.	16	<p>“Os cadernos de professor e aluno tratam o tema de forma superficial, cabe ao docente acrescentar o conteúdo de acordo com a necessidade [...]”</p> <p>“Na minha opinião poderia ir mais a fundo sobre o tema”</p> <p>“Em minha opinião o número de aulas é pequeno para o conteúdo disposto para o currículo”.</p> <p>“Acho que trabalha de forma dinâmica em algumas situações de aprendizagem, mas acho não suficiente”.</p> <p>“Alguns cadernos trazem a história de maneira um pouco mais aprofundada, mas, geralmente, os cientistas são citados vagamente”.</p> <p>“Acho que trata bem do assunto: a estrutura molecular e suas funcionalidades, porém deixa a desejar sobre fatos históricos científicos”</p>
Professores que afirmam que o tema é tratado de forma adequada e suficiente.	02	<p>“Sim. O caderno do professor traz os objetivos bem definidos bem como as competências e habilidades a serem desenvolvidas. Já o caderno do aluno vai abordando o tema com questionamentos, interpretação</p>

		de textos, abordando o contexto histórico da descoberta, atividade prática, mapa conceitual entre outras atividades que vão possibilitando a compreensão dos alunos.”
--	--	---

Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 4 mostra que a maioria dos professores afirmam que o conteúdo não é abordado adequadamente no Material de Apoio ao Currículo de São Paulo, enfatizando que é muito resumido e/ou pontual. Contudo, apenas três fazem referência direta a HC, sobre as respostas dos demais não é possível afirmar se eles estão citando o conteúdo DNA como um todo ou a HC associada ao tema. A formulação da questão não foi precisa ao ponto de permitir que eles compreendessem que se perguntava especificamente sobre a HC.

Dois professores afirmaram que o tratamento do tema é adequado.

Com exposto anteriormente, o Material de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo foi analisado quanto à abordagem da HC sobre o conteúdo do DNA no Volume 2 do segundo ano do Ensino Médio. Esse volume é dividido em dois temas centrais: DNA, a receita da vida e seu código e DNA, tecnologias de manipulação. No primeiro tema, durante a seção "Situação de aprendizagem 1: A estrutura do DNA", após uma exposição dos conceitos relacionados à molécula da vida, há um *box* contando uma história do modelo dupla-hélice. A seguir encontra-se a transcrição do mesmo:

Em 1953, Francis Crick e James Watson publicaram um artigo na revista Nature no qual sugeriam um modelo para a molécula do DNA. Segundo esse modelo, a molécula de DNA seria constituída por dois polímeros de nucleotídeos organizados em forma de uma dupla-hélice, como uma escada retorcida. Os corrimãos dessa escada são formados de açúcar e fosfato.

A novidade da estrutura proposta, além do formato em dupla-hélice, estava relacionada principalmente à maneira como os elementos estavam dispostos no DNA. De acordo com o modelo, as duas cadeias eram mantidas juntas por quatro bases nitrogenadas, duas purinas (adenina e guanina) e duas pirimidinas (timina e citosina), arranjadas aos pares e dispostas perpendicularmente ao eixo da molécula.

Essas bases nitrogenadas estariam unidas aos pares por pontes de hidrogênio. Os pares seriam específicos, pois as pontes de hidrogênio só poderiam ocorrer entre uma purina e uma pirimidina. Assim, a adenina (purina) só pode se ligar à timina (pirimidina), e a guanina (purina) só se liga à citosina (pirimidina). Isso significava que, se em uma das cadeias a base era uma adenina, o elemento correspondente na outra cadeia deveria ser uma timina. O mesmo ocorreria para o par guanina e citosina. (SÃO PAULO, 2014, p. 13-14).

Analisando o texto acima, notamos que não há menção aos eventos ocorridos antes de Watson e Crick proporem o modelo da dupla-hélice: como o episódio da proposição da molécula de DNA por Meischer e sua relação com a comunidade científica; o episódio da “Transformação Bacteriana” que envolve vários pesquisadores e o paradigma da proteína ou mesmo a história completa do estabelecimento da estrutura do DNA. O texto também não menciona Chargaff ao tratar da relação entre as bases purinas e pirimidinas, dando a entender que foram Watson e Crick que propuseram tal relação.

Nota-se que o material didático paulista não trata de modo global a HC em relação ao estabelecimento do DNA como molécula da hereditariedade e apenas narra sucintamente o episódio da proposição do modelo do mesmo, dando muita ênfase na descrição da estrutura, o que pode ter contribuído para as respostas encontradas na primeira questão do questionário aberto. A HC presente se dá de modo vago e pontual, ou seja, sem contexto histórico mais amplo e sem abordar a controvérsia envolvendo Rosalind Franklin, o que poderia suscitar debates entre os alunos e uma maior compreensão do fazer científico.

Em suas respostas ao questionário, dois professores apontaram que o material não aborda a HC, isto é, eles nem consideraram o *box* que apresenta Watson e Crick como um texto sobre o conteúdo histórico.

Questionário respondido pelos professores ao final do encontro

O questionário final foi produzido pela Diretoria de Ensino e continha as seguintes questões: *Do que eu vi e ouvi, destaco... Das metodologias e estratégias utilizadas, destaco... Eu levo... Eu sugiro...* Todas as respostas foram transcritas e categorizadas. No Quadro 5 estão dispostas as categorias e alguns exemplos de respostas.

Quadro 5 - Aprendizagens, oriundas do encontro de formação, destacadas pelos professores participantes.

CATEGORIAS	Nº DE PROFESSORES	EXEMPLOS
A importância da HC no ensino.	13	“A importância de trabalhar a construção da ciência em sala de aula; conhecer a história passo a passo da descoberta do DNA e suas funções”. “A importância do conhecimento histórico e cultural das descobertas científicas visando favorecer uma compreensão mais ampla”.
As estratégias diversificadas utilizadas.	05	“As diferentes formas de retratar um tema como o DNA: embasamento teórico através de exposição oral, vídeo, experimento e teatro”. “Possibilidade de trabalhar na sala de aula de forma diferenciada (aula prática, apresentação de teatro...)”.

Fonte: Elaboração própria.

O objetivo da formação continuada foi complementar os conhecimentos e/ou suprir os *déficits* de informações que os professores apresentavam a respeito da inserção da HC, uma vez que Cunha e Krasilchik (2000) afirmam que os cursos de formação continuada devem atualizar os professores e suprir suas dificuldades. A partir dessa questão é possível verificar que a maioria dos professores destacou a importância da HC no ensino, o que vai ao encontro de tal objetivo. Ou seja, eles aprovaram tanto o conteúdo desenvolvido como as estratégias didáticas utilizadas.

Na questão “*Das metodologias e estratégias utilizadas, destaco...*”, três professores não responderam o que foi perguntado e dois deles destacaram atividades práticas no geral, impossibilitando que a identificação de qual(s) estratégia(s) se enquadraria nessa categoria

segundo os mesmos. As estratégias didáticas destacadas pelos outros 12 professores foram agrupadas na Figura 1 de acordo com o número de vezes que foram citadas pelos mesmos, alguns casos mais de uma vez.

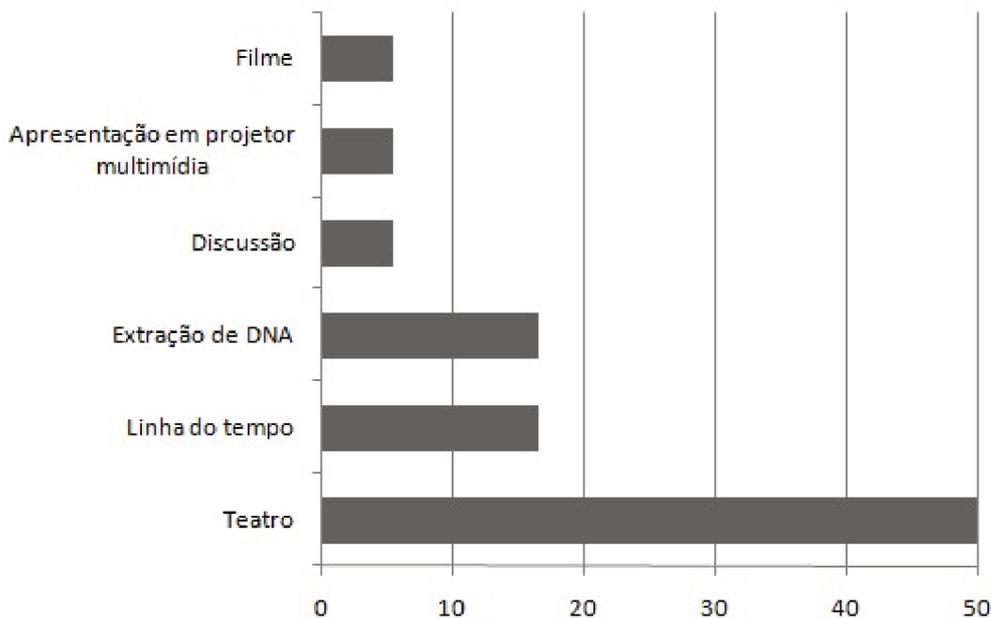


Figura 1 - Estratégias de ensino apontadas pelos professores participantes como as mais adequadas. Fonte: Elaboração própria.

A Figura 1 mostra que a estratégia didática que os professores mais gostaram foi o uso de teatro. Na Grécia, o teatro já era utilizado para fins educativos, pois os gregos acreditavam que a arte era fundamental na educação das pessoas. Apesar desse longo período presente no ensino, hoje, o teatro ainda é pouco utilizado como estratégia didática na escola (MOURA; TEIXEIRA, 2008).

Quando o teatro é utilizado para a divulgação científica, está se promovendo o denominado o Teatro Científico. Por meio deste teatro, a história da ciência é narrada e analisada, levando o espectador a refletir sobre a criação de diversas teorias e fazendo-o viajar por diversos contextos históricos que colaboraram para a evolução da ciência e para as descobertas de alguns fenômenos (MOURA; TEIXEIRA, 2008, p. 5).

Ao realizar a atividade proposta, os participantes transformaram o vídeo, o texto e a apresentação de projetor multimídia em outra linguagem. Eles foram divididos em dois grupos e tiveram cerca de 30 minutos para preparar o teatro e em seguida o apresentaram. Solicitou-se que eles utilizassem o maior número possível de personagens. Foi um momento de descontração e permitiu avaliar o quanto os professores refletiram sobre o episódio histórico tratado no encontro. Ambos os grupos abordaram a questão do uso dos dados de Franklin por Watson e Crick, como exposto o excerto a seguir.

[...] Wilkins: Boa tarde, boa tarde [apertando a mão do Watson e Crick]
 Franklin: Rosalind [dá a mão para o Watson e Crick]. Quem são os senhores, por favor?
 Watson: Watson e Crick.
 Franklin: Hum... O que é isso aí? [Apontando para as professoras que estão representando o modelo da molécula de DNA].
 Crick: Isso aqui é uma alfa molécula...
 Wilkins: Rose fica quieta. Eles usaram seu trabalho ali, respeita os moço.
 Franklin: Como é que é? O meu trabalho?
 Crick: A gente andou dando uma olhada por aí, umas fotografias que você tirou. Uma radiografia pra poder dar uma...
 Wilkins: Eles estavam na sua palestra Rose, ô ser, não presta atenção não? (Estalou os dedos). Tinha que estar lavando essa daí.
 Franklin: Eu quero saber onde está a molécula de água aqui.
 Watson: Água?
 Franklin: É, as moléculas de água.
 (Watson faz sinal para Crick que ela está louca).
 Franklin: Quando vocês não tiver o que fazer, não fica roubando ideias dos outros não, tá? Vão procurar Pokémon... Vão arrumar o que fazer... Tá bom? (Informações verbais. Grifos das autoras).

Infere-se que esse episódio foi mais significativo para eles, provavelmente, porque já o conheciam superficialmente e pelo desconforto com a injustiça cometida com Franklin. Moura e Teixeira (2008) afirmam que o teatro científico motiva os participantes e desmistifica a Ciência, uma vez que é possível perceber os processos que a mesma passa para a produção dos conhecimentos científicos. Dessa forma, tal estratégia didática vai ao encontro do que a abordagem da HC gera, segundo Matthews (1995), na educação, a humanização da Ciência, a aproximação dos interesses pessoais, econômicos e políticos, aulas mais interessantes, desafiadoras e reflexivas.

A linha do tempo, juntamente a experimentação, foi a segunda atividade mais citada pelos professores. Acredita-se que ela possibilita posicionar os cientistas e eventos no tempo cronológico de modo que os personagens históricos possam ser relacionados com outros personagens, com o momento econômico, social e cultural em que viviam e quais as influências que isso pode ter causado em suas pesquisas. Além de permitir que os professores percebam que muitos pesquisadores estavam envolvidos na construção de um determinado conhecimento. Ao utilizar essa atividade, é importante evitar que os professores fiquem com uma visão linear da Ciência, isto é, a percepção de que a Ciência sempre progride em “linha reta”, sem erros, disputas ou embates (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

A extração de DNA também foi destacada. A experimentação proporciona a construção do conhecimento científico através de questionamentos, discussão e validação, aprendizagem e comprovação de teorias, contribuindo fortemente para a motivação dos participantes (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; ARRUDA; LABURÚ, 2014). Dessa forma, ela pode ter sido bem avaliada pelos professores por se tratar de uma atividade prática que estimula os alunos e de baixo custo.

Quanto ao que os professores levaram do encontro, eles responderam que mais conhecimento sobre história e sobre a natureza da Ciência, assim como estratégias de ensino que poderão utilizar em suas aulas. Os exemplos abaixo ilustram essas respostas: “Aprendizado e curiosidades para saber história de outras formas de pesquisa.”; “Novos conhecimentos e novas possibilidades de estratégias para tornar minhas aulas mais interessantes aos alunos.”; “Conhecimento, que a ciência não é construída sozinha que muitas pessoas contribuem, mas são anônimas.”; “Mais conhecimento sobre a história da extração do DNA, a importância da genética.”; “Muitas ideias para melhorar os planos de aula sobre o tema.”; “Novos métodos de abordar a importância do DNA, de maneira mais fácil de entender.”

Essas respostas vão ao encontro do que se pretendia com esse encontro de formação continuada: utilizar alguns episódios da HC para fomentar a reflexão docente sobre como a Ciência é produzida e ao mesmo tempo produzir materiais e estratégias de ensino para os professores se inspirarem na construção de seus planos de ensino.

A última questão do questionário final solicitava que os professores apresentassem sugestões para os próximos encontros de formação. As respostas dos participantes estão categorizadas no Quadro 7. Um professor não respondeu a questão.

Quadro 7 - Sugestões dos professores participantes para os próximos encontros.

CATEGORIAS	Nº DE PROFESSORES	EXEMPLOS
Que ocorram mais encontros de formação continuada, sem sugestão de conteúdos a serem abordados.	07	“Mais formações para os professores, pois precisamos de muito apoio”. “+ orientações”. “Mais formações para os professores, pois precisamos de muito apoio.” “Mais orientações como esta.” “Aconteça novos encontros, foi descontraído.” “Mais encontros de formação como este.”
Que ocorram mais encontros de formação continuada, com sugestão de conteúdos.	05	“Temas ainda dentro da genética: heredograma, biotecnologia (transgênico; clonagem).” “Mais encontros de formação nessa temática (EHFB) e que haja outros para aprofundamentos conceituais.” “Aulas sobre astronomia e a continuidade do tema “História da Biologia.”
Que ocorram mais encontros de formação continuada sobre estratégias de ensino.	02	“Que se faça mais encontros trazendo novas metodologias de ensino”.
Que ocorram mais encontros de formação continuada utilizando o currículo do Estado de São Paulo.	01	“Mais exemplos de sala de aula utilizando o currículo da SEE (cadernos)”.
Disponibilização dos slides.	01	“Envio dos slides por email, sem mais”.

Fonte: elaboração própria.

Analisando as respostas dos professores participantes, percebe-se que no geral eles solicitam que os encontros de formação continuada tenham continuidade. Sugerem temas diversos como heredograma, biotecnologia, astronomia e outros temas atrelados a HC. Nota-se também o interesse por novas estratégias de ensino e conteúdos que atendam o que é

proposto no Currículo do Estado de São Paulo. Embora o pedido para que o material didático produzido para a formação fosse disponibilizado apareça apenas em uma resposta, esta foi uma solicitação de grande parte dos participantes ao final do encontro. Isso permite inferir que eles não têm acesso a outros materiais sobre o tema, ou mesmo tempo para produzir seu próprio material, ou ainda, que julgaram os slides e textos utilizados adequados para as suas aulas. Sete deles destacam a necessidade que têm de cursos de formação continuada, reconhecendo o aprendizado contínuo como importante para superar as dificuldades na profissão. Isso fica claro quando um dos professores afirma: “nós precisamos de muito apoio”.

A formação de professores não se esgota no curso de formação inicial e deve ser pensada, como um processo, que como tal, não se esgota também em um curso de atualização, mesmo considerando-se situações em que estes aconteçam na escola em que o professor trabalha, local privilegiado de reflexão pedagógica (CUNHA; KRASILCHIK, 2000, p. 3).

Assim, percebe-se que os professores reconhecem a necessidade da formação continuada para ampliar seus conhecimentos pedagógicos e aprimorar o seu trabalho junto aos alunos.

Conclusão

Os resultados obtidos mostraram que ao início do encontro de formação continuada, os professores apresentavam, mesmo que de forma contextualizada, uma concepção linear de Ciência. Isto é, apesar da maioria reconhecer que os fatores históricos, sociais e econômicos influenciam a construção do conhecimento científico, esse é visto como uma sequência de acertos. Isso pode estar relacionado ao fato de que a maioria dos professores não estudou ou estudou de maneira muito superficial, em nenhum momento de sua formação (inicial ou continuada), a história da aceitação do DNA como material genético e o estabelecimento de sua estrutura química. Além disso, os materiais didáticos que eles utilizam não tratam o assunto de forma suficiente, como a análise do Material de Apoio do Estado de São Paulo permite afirmar.

O encontro de formação continuada aqui analisado teve como objetivo superar os equívocos que os professores apresentavam a respeito da HC, com ênfase no episódio histórico da proposição do modelo de molécula de DNA. Esse episódio foi escolhido, pois ele envolve contribuições de um grande número de cientistas de áreas distintas, avanços e retrocessos, embates entre a comunidade científica, erros de cientistas importantes e reconhecidos, assim como controvérsias na relação entre os cientistas. Assim, ele possibilita uma compreensão mais aprofundada da natureza da Ciência por parte dos professores.

Os trabalhos consultados para a elaboração dessa sequência didática enfatizavam ou o episódio da transformação bacteriana ou o da estrutura do DNA. Entendemos que reunir

ambos os períodos, possibilitaria aos docentes em formação continuada uma visão mais abrangente da HC. A partir dos dados é possível inferir que isso foi alcançado uma vez que os participantes enfatizaram, ao final, a importância da HC no ensino e do conhecimento a respeito da temática.

Ademais, é importante enfatizar a necessidade de investimento em formação continuada de professores, tanto em HC quanto em outros temas, pois muitas vezes, devido a alta carga de trabalho a que estão submetidos e a desvalorização docente, os professores não conseguem se atualizar constantemente, ademais, há conhecimentos que foram abordados de forma precária em sua formação inicial ou nem mesmo apresentados.

Agradecimentos

À Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Processo n. 2015/26301-2
Programa Núcleos de Ensino, Prograd - Unesp

Referências

- ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 3, p. 14-24, 1996. Disponível em: <<https://www.fc.unesp.br/Home/PosGraduacao/MestradoDoutorado/EducacaoparaaCiencia/revistacienciaeeducacao/cen03a03.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.
- BATISTETI, C. B. *Os estudos de Avery, Macleod e McCarty e a ideia do DNA como responsável pela hereditariedade*: interpretações historiográficas e apontamentos para o ensino de biologia. Dissertação de mestrado em Educação para a Ciência - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf>. Último acesso em: 23 jun. 2020.
- CARNEIRO, M. H. D. S., GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n1/03.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.
- CUNHA, A. D. O., KRASILCHIK, M. A formação continuada de professores de ciências: percepções a partir de uma experiência. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPEd, 23., 2000, *Ata...* Caxambu, 2000. Disponível em: <<http://23reuniao.anped.org.br/textos/0812t.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.
- FRANCELIN, M. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 33, n. 3, p. 26-34, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v33n3/a04v33n3>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.
- GALIAZZI, M. C., GONÇALVES, F. P. A. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n2/19283.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

GIL, A. C. Questionário. In: *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 2008, p. 121-135.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de administração de empresas*, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de empresas*, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995b. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n3/a04v35n3>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

HONORATO, A. U.; FLORES, C.; SALVARO, G., LEITE, M. I. A vídeo-gravação como registro, a devolutiva como procedimento: pensando sobre estratégias metodológicas na pesquisa com crianças. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPEd, 29., 2006, Caxambu. *Anais...* Caxambu, 2006. Disponível em: <http://www.twiki.faced.ufba.br/twiki/pub/GEC/TrabalhoAno2006/a_video_gravacao_como_registro.pdf>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2006.

MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PESQUISA E ESTUDOS QUALITATIVOS, 2, 2004, Bauru. *Anais...* Bauru, 2004. Disponível em: <https://www.marilia.unesp.br/Home/Instituicao/Docentes/EduardoManzini/Manzini_2004_e_intrevista_semi-estruturada.pdf>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

MARTINS, L. A., BRITO, A. A. P. O. M. A história da ciência e o ensino de genética e evolução no nível médio: um estudo de caso. In: SILVA, C. C. da. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria Física, 2006, pp. 245-264.

MATTHEWS, M. S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084/6555>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

MOURA, D. A., TEIXEIRA, R. R. P. O teatro científico e o ensino de física-análise de uma experiência didática. *Revista Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 18, 2010. Disponível em: <<http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/87>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

OLIVEIRA, V. D. R. B. *As dificuldades da contextualização pela história da ciência no ensino de biologia: o episódio da dupla hélice do DNA*. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

OLIVEIRA, V. L., CALLEGARIO, L. J., HYGINO, C. B., ROSA, G. F., LINHARES, M. P. História da ciência na formação inicial de professores de física. *Revista Educação, Tecnologia e Cultura - ETC*, Bahia, v. 13, n. 13, 2016. Disponível em: <<http://www.publicacoes.ifba.edu.br/index.php/etc/article/view/33/42>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

PEREIRA, A. M. T. B. B., SCOARIS, R. D. O., SOARES, M. D. C., SANTIN FILHO, O. Avaliação da atitude de docentes do ensino médio frente ao uso da história da ciência em sua

prática didática. In: EDUCERE - CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 8, 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 2008. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2008/550_612.pdf>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

ROSA, S. R. G. *História e Filosofia da Ciência nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio*: Análise do conteúdo sobre o Episódio da Transformação Bacteriana e sua relação com a descoberta do DNA como material genético. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Material de apoio ao currículo do Estado de São Paulo*: Caderno do Professor, Biologia, 2ª série do Ensino Médio. São Paulo. 2014, v. 2.

SCHEID, N. M. J., FERRARI, N., DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/05.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

SILVA, A. P. Z.; PEREIRA, H. M. R., BIZZO, N. M. V. História da ciência e ensino da genética: uma análise dos anais dos VII e VIII encontros nacionais do ensino de ciências. *Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEEnBio)*, n. 7, p. 517-529, 2014. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0010-1.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

SILVA, M. R. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. *Scientle studia*, v. 8, n. 1, p. 69-92, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ss/v8n1/a04v8n1.pdf>>. Último acesso em: 10 jun. 2018.

SOBRE AS AUTORAS

BEATRIZ SEGANTINI FRANÇA. Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP (concluída em 2018). Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação Especial pela Universidade Federal de São Carlos e graduanda em Pedagogia pela Universidade Virtual do Estado de São Paulo.

THAÍS GIMENEZ DA SILVA AUGUSTO. Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Bauru (concluída em 2001), Mestre em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Bauru (concluído em 2004) e Doutora em Educação pela Unicamp (concluído em 2010), na área de Ensino, Avaliação e Formação de Professores. É docente do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Unesp, campus de Jaboticabal, desde 2007, e do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino e Processos Formativos.

Recebido: 15 de outubro de 2019.

Revisado: 06 de julho de 2020.

Aceito: 14 de agosto de 2020.