



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ETIANE ORTIZ

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA:
VIRTUDES E DIFICULDADES DA CONTEXTUALIZAÇÃO
HISTÓRICA DO EPISÓDIO DA DUPLA HÉLICE DO DNA**

Londrina
2015

ETIANE ORTIZ

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA:
VIRTUDES E DIFICULDADES DA CONTEXTUALIZAÇÃO
HISTÓRICA DO EPISÓDIO DA DUPLA HÉLICE DO DNA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva

Londrina
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O77h Ortiz, Etiane.

História da ciência no ensino de biologia : virtudes e dificuldades da contextualização histórica do episódio da dupla hélice do DNA / Etiane Ortiz. – Londrina, 2015.
133f. : il.

Orientador: Marcos Rodrigues da Silva.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Franklin, Rosalind – Crítica e interpretação – Teses. 2. Biologia – Estudo e ensino – Teses. 3. DNA – História – Teses. 4. Ciência – História – Teses. 5. Ciência – Filosofia – Teses. I. Silva, Marcos Rodrigues da. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 574:37.02

ETIANE ORTIZ

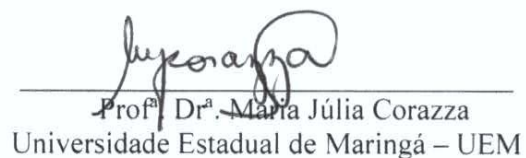
**HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA:
VIRTUDES E DIFICULDADES DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA
DO EPISÓDIO DA DUPLA HÉLICE DO DNA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL



Prof.ª Dr.ª Maria Júlia Corazza
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Prof.ª Dr.ª Marinez Meneghello Passos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 04 de Fevereiro de 2015.

*Dedico aos tesouros mais preciosos da minha vida, meus pais Nilton e Nilza;
e minha irmã Viviane, pelo amor incondicional e
por todo carinho e apoio.*

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

São tantos agradecimentos... Tantas pessoas importantes que fizeram parte desta caminhada, cada uma com um ensinamento, um abraço, um sorriso, uma oração, uma palavra de conforto. A gratidão é algo que dificilmente se consegue exprimir em palavras, entretanto, vou tentar agradecer, especialmente:

Acima de todas as coisas, a Deus, pela força e inspiração para a concretização desta pesquisa. Sem dúvida, estar onde estou hoje foi mais uma prova do Seu imenso amor e cuidado por mim.

Agradeço imensamente aos meus pais, Nilton e Nilza; e minha irmã Viviane, eles que são meu alicerce, meu apoio, minha maior alegria... sem eles nada disso que estou vivendo se tornaria realidade.

Agradeço à minha grande amiga Angela Fontana Marques, que foi minha professora na graduação e foi quem me trouxe para a UEL para estudar primeiramente como aluna especial e depois me incentivou para fazer a seleção. Minha amiga de oração, que me acolheu em sua casa, em sua família e em seu grande coração. Sem ela, a alegria de concluir este estudo também não seria hoje realidade.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva, por ter confiado em mim para desenvolver esta pesquisa, por sua amizade, apoio, incentivo, dedicação e por suas considerações, sempre ressaltando em suas falas: “Esse é o ponto”. Não há quem não se encante pela sua forma de ensinar e pela sua empolgação contagiante de apresentar suas ideias.

Agradeço à minha ‘mãe’ adotiva, Prof^a. Dr^a Marinez Meneghello Passos, pela sua contribuição na parte metodológica desta dissertação, pela parceria em outros trabalhos e por todo o carinho, amizade, preocupação e apoio que sempre teve por mim... nos momentos de caos e ansiedade extrema, ela sempre me acolheu.

Agradeço à Prof^a. Dr^a. Maria Julia Corazza, por aceitar participar da banca, pela dedicação e atenção ao analisar esta pesquisa e pelas suas valiosas contribuições.

Agradeço ao grupo EDUCIM, por todo aprendizado e contribuições para a minha investigação, em especial ao professor Sergio Arruda, por me acolher no grupo de pesquisa cujos pressupostos contribuíram para o meu crescimento.

Agradeço aos professores: Mariana Bolonha, Virgínia Maistro, Vera Bahl e Fernando Fiorin, pela generosidade e colaboração com a minha pesquisa e coleta de dados... Sem a colaboração deles esta pesquisa não teria se concretizado.

Agradeço aos acadêmicos do curso de Ciências Biológicas que atenderam ao meu pedido de se constituírem como sujeitos dessa pesquisa.

Agradeço ao Juliano, meu namorado, meu amigo, meu amor, pelo incentivo, apoio, companheirismo, paciência e carinho dedicado a mim.

Agradeço às minhas queridas amigas e vizinhas Hallynnee e Marcia, por todo apoio, carinho, companheirismo e pelos bons momentos de confraternização.

Aos amigos e colegas do Mestrado também fica o meu agradecimento por todos os momentos de alegria, parcerias e estudos.

Agradeço a CAPES pela bolsa de estudo concedida, por meio da qual pude me dedicar integralmente à realização e concretização desta pesquisa.

A todos o meu muito obrigada!

Se a história fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem da ciência que atualmente nos domina.

Thomas Kuhn (1978)

ORTIZ, Etiane. **História da Ciência no ensino de Biologia**: virtudes e dificuldades da contextualização histórica do episódio da dupla hélice do DNA. 2015. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2015.

RESUMO

Neste estudo, investigamos as virtudes e dificuldades encontradas no processo de contextualização de episódios históricos da História da Ciência no ensino de Biologia. Para isso, buscamos por respostas a respeito das percepções de acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas de uma universidade do norte do Paraná referente à contextualização histórica do episódio da descoberta da dupla hélice do DNA. Apresentamos uma proposta de ensino que visou trabalhar a contextualização do episódio da descoberta da dupla hélice do DNA, dando ênfase às controvérsias existentes na história a respeito da participação da cientista Rosalind Franklin na descoberta do modelo, segundo uma abordagem tradicional e alternativa em História da Ciência. A pesquisa realizada caracteriza-se como qualitativa de cunho interpretativo, cujos dados foram coletados por meio da aplicação de questionários abertos, e os registros foram analisados de acordo com os procedimentos da análise de conteúdo. Os resultados encontrados nessa investigação apontam para alguns aspectos positivos quanto à utilização da temática História da Ciência nas aulas de Biologia, visto que, a partir da análise categorial dos dados, foi possível observar que os estudantes, apesar dos percalços encontrados pelo caminho, conseguiram compreender o controverso episódio histórico da construção do modelo do DNA ao final da intervenção didática e souberam, de modo geral, como diferenciar os dois tipos de abordagem em História da Ciência que foram utilizados para tratar o episódio. Dessa forma, o uso de uma abordagem em História da Ciência se mostrou eficaz na contextualização do episódio histórico apresentado neste estudo evidenciando que os acadêmicos puderam alcançar um nível de reflexão maior acerca das discussões propostas, conseguindo (a maioria deles) se desvencilhar das armadilhas históricas que foram apresentadas, além de assinalar evidências de que essa temática pode facilitar a educação científica, como apontado por outros estudos. Contudo, essa pesquisa também evidenciou que o uso desse tipo de abordagem não é tarefa fácil, visto que dificuldades foram encontradas ao longo da investigação, como a limitação do tempo didático, a falta de leitura e de pré-requisitos conceituais básicos dos acadêmicos acerca da Ciência, além de algumas visões distorcidas apresentadas por esses estudantes a respeito do episódio histórico que foi apresentado.

Palavras-chave: História da ciência. Ensino de biologia. Descoberta da dupla hélice do DNA. Rosalind Franklin. Análise de conteúdo.

ORTIZ, Etiane. **History of Science in Biology Teaching**: virtues and difficulties of historical context episode of double helix DNA. 2015. 133 p. Dissertation (Master's Degree in Teaching of Sciences and Mathematical Education) – State University of Londrina, Londrina. 2015.

ABSTRACT

In this study, we analyzed virtues and difficulties founded in the context of historical episodes of the History of Science in Biology teaching process. Then we seek for answers about the perceptions of academics of a Biological Sciences course at a university in northern Paraná (Brazil) regarding to the historical context of the episode of the discovery of the DNA double helix. We present a teaching proposal that aimed to work contextualizing the episode of the discovery of the DNA double helix, emphasizing the controversies in the history regarding the participation of scientist Rosalind Franklin in the discovery of the model, according to traditional and alternative approach for the History of Science. The research is characterized as qualitative interpretive nature, and data were collected through of open questionnaires, and records were analyzed according to the procedures and resources of Content Analysis. The results founded in this investigation point to some positive aspects to the use of the theme History of Science in Biology classes, related from the categorical data analysis, it was observed that students get understand the controversial historical episode of constructing the model of DNA the didactic intervention and they also knew how to differentiate the two types of approach in the History of Science despite of difficulties founded along the way managed, that were used to treat the episode. Thus, the use of an approach for the History of Science has proven effective in contextualizing the historical episode presented in this study, it shows that academics could achieve a higher level of reflection about the proposed discussions, (most of them) get scape the historical pitfalls that were presented, beyond pointing out evidence that this approach can facilitate scientific education, as pointed out by other studies. However, this research also showed that the use of this approach isn't easy task, they were difficulties during the investigation, as the limitation of the teaching time, lack of reading and basic academic conceptual prerequisites about science, and some distorted views presented by these students about the historical episode that was presented.

Key-words: History of science. Biology teaching. Discovery of the double helix of DNA. Rosalind Franklin. Content analysis.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	18
1.1 Argumentos Favoráveis (e não Favoráveis) à Inserção de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências	26
1.2 Uso de Abordagens da História da Ciência no Ensino de Ciências.....	33
1.3 A Contextualização de Episódios Históricos no Ensino de Biologia	39
1.4 Algumas Considerações.....	46
2 A ESCOLHA DO EPISÓDIO HISTÓRICO.....	48
2.1 Apontamentos sobre a História do DNA	50
2.2 Etapas da Construção do Modelo da Dupla Hélice do DNA	56
2.3 Rosalind Franklin e o seu Papel na Construção do Modelo da Dupla Hélice.....	65
2.3.1 Defesa tradicional de Rosalind Franklin	65
2.3.2 Defesa alternativa de Rosalind Franklin	68
3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	74
3.1 Uma Investigação Qualitativa.....	74
3.2 O Contexto da Pesquisa.....	76
3.3 A Proposta Didática.....	77
3.4 O Instrumento para a Coleta de Dados – Questionários	81
3.5 A Metodologia da Análise de Conteúdo.....	82
3.5.1 Codificação das Informações para Compor a Identificação dos Participantes	86
4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	88
4.1 Frequência da Participação dos Estudantes em cada Etapa da Pesquisa Desenvolvida.....	89
4.2 Análise dos Registros Obtidos por meio do Questionário Prévio.....	91
4.3 Análise do Questionário Aplicado na Primeira Etapa da Proposta Didática.....	92

4.4	Análise do Questionário Aplicado na Terceira Etapa da Proposta Didática	93
4.4.1	Exemplificação dos Questionários Respondidos pelos Participantes na Terceira Etapa.....	94
4.5	Análise do Questionário Aplicado na Quarta Etapa da Proposta Didática	102
4.5.1	Exemplificação dos Questionários Respondidos pelos Participantes na Quarta Etapa.....	103
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICES	128
	Apêndice A – Autorização (Para os Acadêmicos).....	129
	Apêndice B – Primeiro Questionário Entregue aos Acadêmicos.....	130
	Apêndice C – Segundo Questionário Entregue aos Acadêmicos.....	131
	Apêndice D – Terceiro Questionário Entregue aos Acadêmicos.....	132
	Apêndice E – Quarto Questionário Entregue aos Acadêmicos.....	133

INTRODUÇÃO

Esta dissertação inicia seu percurso a partir da leitura da dissertação de Oliveira (2009), que teve como objetivo apontar se existiam ou não dificuldades para se contextualizar os conteúdos utilizando-se da História e Filosofia da Ciência (HFC) como uma alternativa metodológica. A autora, após utilizar a contextualização de um episódio histórico em um curso de Ciências Biológicas, concluiu que o uso dessa temática no contexto didático apresenta-se como um instrumento de “difícil manuseio”, visto que os estudantes investigados apresentaram fortes tendências a enxergar os acontecimentos históricos de forma pontual, estáticos e não relacionaram o conteúdo apresentado ao contexto histórico (OLIVEIRA, 2009, p.85).

Inspirados nessa pesquisa e imersos na problemática apontada por Oliveira (2009) e outros estudos acerca do uso da História e Filosofia da Ciência no ensino, nos sentimos impelidos a refazer os passos e seguir alguns dos encaminhamentos realizados pela autora em 2009 e utilizar uma metodologia específica para analisar os dados encontrados pela nossa investigação.

O reconhecimento de que o ensino dito tradicional não está satisfazendo é apontado por todos aqueles que, de forma direta ou indireta, estão envolvidos com o ensino de Ciências. A respeito disso, podemos encontrar na literatura especializada trabalhos que enfatizam e reconhecem as dificuldades que professores de Ciências/Biologia têm enfrentado na sua atividade docente ao ensinar conceitos científicos (OKI, 2006, p.18).

Para se alcançar a superação de uma aprendizagem mecânica, para que aconteça uma aprendizagem significativa dos conteúdos, o emprego da História e Filosofia da Ciência¹ no ensino de Ciências vem ganhando seu espaço, através de pesquisas, congressos, cursos de pós-graduação, disciplinas em graduações e trabalhos voltados para essa temática, além de ser quase um consenso entre os pesquisadores da área (BARROS; CARVALHO, 1998).

Para o Ensino Médio essa recomendação aparece também nas normativas oficiais para o ensino, como Brasil (2006) e Brasil (2002) que apontam, por exemplo, a necessidade de contextualização do ensino de Ciências em um processo histórico, social e cultural. Para o

¹ Este estudo leva em consideração uma investigação acerca do tema: História da Ciência, contudo, as fontes das quais nos servimos para elaborar a pesquisa levam em consideração aspectos filosóficos, dessa forma, todo o estudo está dialogando indiretamente com a História e Filosofia da Ciência. Por essa razão o termo História e Filosofia da Ciência (HFC) é utilizado juntamente com o termo História da Ciência nessa pesquisa, uma vez que somente a História da Ciência não seria suficiente para o estudo e reflexão dos fatos e episódios científicos. Lakatos (*apud* PEDUZZI, 2001, p.55) resume bem essa ideia quando argumenta que “a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega”. Ou seja, uma visão dos fatos e episódios científicos a partir também da filosofia se faz necessária.

Ensino Superior, percebe-se que o assunto ganha cada vez mais espaço, com a inserção de disciplinas específicas sobre História e Filosofia da Ciência em currículos de cursos tanto de licenciatura quanto de bacharelado na área de Ciências (MARTINS, 2006).

Nas Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas, no que concerne às competências e habilidades inerentes ao biólogo, tanto bacharel quanto licenciado, observa-se que o futuro profissional deve “entender o processo histórico de produção do conhecimento das Ciências Biológicas referente a conceitos, princípios e teorias”, bem como “estabelecer relações entre Ciência, tecnologia e sociedade” (BRASIL, 2001, p.3).

Matthews (1995, p.167), por exemplo, destaca a importância de currículos em ciências que contemplem:

[...] distinguir entre asserções e argumentos pautados em dados e provas científicas e os que não são; considerar a maneira pela qual o desenvolvimento de uma determinada teoria ou pensamento científico se relaciona ao seu contexto moral, espiritual, cultural e histórico; estudar exemplos de controvérsias científicas e de mudanças no pensamento científico.

E alega que a contextualização histórico-filosófica pode contribuir para atingir esses objetivos da perspectiva curricular.

A respeito disso, autores como Matthews (1995), Vannucchi (1996) e Martins (2006), também reconhecem a importância da História e da Filosofia da Ciência no ensino de Ciências, pois elas fornecem subsídios à aprendizagem de teorias científicas, além de oportunizar discussões relevantes sobre a natureza do conhecimento científico, contribuindo para uma melhor compreensão de diversos aspectos relativos à Natureza da Ciência, como a relação entre a Ciência e a sociedade, a percepção da Ciência como atividade humana, a falibilidade dos cientistas, entre outros.

A preocupação com a relevância da dimensão histórica e filosófica também está presente nas discussões a respeito da formação de professores de Ciências (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1998; MARANDINO, 2003; BRITO *et al.*, 2004). Contudo, Martins (2007) afirma que a simples consideração de elementos históricos e filosóficos na formação inicial de professores das áreas científicas, mesmo que feita com qualidade, não assegura a inserção desses conhecimentos nas salas de aula, tampouco uma reflexão mais aprofundada por parte dos professores acerca do papel da História e Filosofia da Ciência para o campo da didática das ciências (MARTINS, 2007, p.115).

As dificuldades surgem quando se pensa na utilização dessa perspectiva para fins didáticos, ou seja, quando esses conceitos são passados dos cursos de formação inicial para o

contexto de aplicação no ensino e na aprendizagem das ciências. A respeito disso, Medeiros afirma que não faltam recomendações quanto à relevância do uso da História e Filosofia no ensino de Ciências, todavia, faltam reflexões acerca das razões de ser de tais recomendações e as suas formas de uso, enfim, faltam mesmo condições de serem desenvolvidas no contexto da sala de aula (MEDEIROS, 2007, p.274). Esse autor ainda alerta que no atual contexto autoritário e dogmático de ensino, uma abordagem problematizadora da História da Ciência quase não existe. E quando ela está presente, como no caso de livros didáticos, o seu enfoque é, na maioria das vezes, distorcido.

Neusa Maria John Scheid (2006, p.132) aponta em sua pesquisa que há o predomínio de uma concepção absolutista, indutivista-empirista e atórica no contexto escolar, na qual a observação e a experimentação são entendidas como atividades neutras, independentes de compromissos teóricos. De acordo com a autora, “constata-se uma visão da Ciência socialmente neutra e descontextualizada, além de elitista, na qual o conhecimento científico é visto como obra de gênios isolados, esquecendo-se a natureza cooperativa do trabalho científico”. Nas palavras de Carvalho e Gil-Pérez (1998, p.14), essa situação pode ser interpretada

[...] como o resultado da pouca familiaridade dos professores com as contribuições da pesquisa e inovações didáticas e da expressão do ensino, concebido como algo essencialmente simples, para o qual basta um bom conhecimento da matéria, algo de prática e alguns complementos psicopedagógicos.

Para os autores, os professores de ciências não só carecem de uma formação adequada, mas também não têm consciência de suas insuficiências.

Conforme Matthews (1995, p.188), “algum conhecimento de História e Filosofia da Ciência deveria ser parte da bagagem intelectual de todo professor de ciências [...]”. No entanto, esta abordagem tem sido pouco contemplada durante a formação dos professores no Brasil.

Diante do exposto, vemos que a temática História e Filosofia da Ciência ainda parece distante das salas de aula de Ciências/Biologia na medida em que o que prevalece é um ensino tradicional, determinado por exames impregnados de uma herança formal e dogmática. Estes acabam exigindo dos professores (e também dos alunos) uma postura mais mecânica em detrimento de uma natureza tanto histórica quanto filosófica da Ciência (SILVA, 2010).

Outro obstáculo encontrado no processo de ensino e aprendizagem está relacionado à contextualização dos conteúdos. Apesar de muitos autores, como Machado (2005), elencarem diversas vantagens da sua utilização em sala de aula, como possibilitar o envolvimento ativo

dos alunos nas aulas, além de ser uma estratégia fundamental para a construção de significados, “hoje a contextualização aparece vinculada à proposta de um ensino interdisciplinar e a uma aprendizagem significativa, encontrando ainda muitos obstáculos para sua efetivação” (GIASSI; MORAES, 2005, p.1); uma vez que os docentes encontram objeções ao “tentar determinar se o que estão fazendo é mesmo contextualização, e se esta estará levando a uma compreensão de mundo ou é apenas mais uma atividade “diferente” para tornar as aulas mais atraentes” (p.9).

Oliveira e Silva (2013) comentam que uma das grandes falhas do ensino de Biologia pode ser a não contextualização dos conteúdos, e isto pode ser o responsável pelo alto nível de rejeição do estudo desta Ciência por parte dos estudantes, dificultando o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Ciências/Biologia (p.71-72).

Diante do que foi apresentado, vemos que apesar de ser quase consensual a necessidade da incorporação de elementos de HFC no ensino de Ciências (BARRO; CARVALHO, 1998; MARTINS, 2007), e da utilização da contextualização dos conteúdos como metodologia didática enriquecedora, esta prática não é usual em salas de aula de Ciências/Biologia.

Em virtude disso, tomando como base a pesquisa realizada por Oliveira (2009), o presente estudo teve como objetivo, investigar as “virtudes e dificuldades” encontradas no processo de contextualização da História da Ciência. Para tanto, elaboramos e aplicamos uma proposta didática voltada para o ensino superior, fazendo uso da contextualização do episódio da descoberta da dupla hélice do DNA e as controvérsias referentes à participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo para realizar essa investigação. Preparamos uma sequência de atividades de cunho histórico e filosófico que objetivou discutir a defesa da participação da cientista, de acordo com argumentos tradicionais e alternativos da História da Ciência.

A escolha desse episódio justifica-se pelo fato de que o tema “estrutura do DNA” é discutido com frequência no decorrer das aulas de Biologia Molecular, além de ser um tema amplamente estudado e discutido no grupo de pesquisa sob orientação do Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva, que já resultou em vários trabalhos publicados como: “A história da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo” (SILVA, PASSOS; VILAS BOAS, 2013); “As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice” (SILVA, 2010a); “Maurice Wilkins e a polêmica acerca da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA” (SILVA, 2010b) e “Rosalind Franklin e seu papel na construção do

modelo da dupla hélice do DNA” (SILVA, 2007). Ainda, sendo esse tema muito rico, é capaz de contribuir para a construção de um ensino significativo e que contemple aspectos envolvendo uma interação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade. Além disso, o interesse nesse episódio justifica-se, também, pela contribuição que ele pode propiciar à educação como forma de problematização de concepções sobre a origem, a possibilidade e a essência do conhecimento.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, buscamos então reconstruir, a partir de fontes primárias e secundárias, alguns episódios da história da descoberta da dupla hélice, visto que nesse recorte histórico é possível perceber vários episódios interligados e que mostram muitos aspectos da produção do conhecimento científico. Nesse contexto, existem algumas controvérsias sobre a participação da cientista Rosalind Elsie Franklin na construção do modelo do DNA, sendo ela a razão de uma polêmica a respeito das contribuições alcançadas na construção do modelo da “molécula da vida”.

As discussões geradas em torno desse episódio resultam no fato de Rosalind Franklin ter desenvolvido um trabalho empírico com o DNA, trabalho esse fundamental para a construção do modelo que viria a ser uma das maiores obras que compõem o patrimônio da Ciência. Porém, muitos historiadores e biógrafos a favor de Rosalind acreditam que a cientista não recebeu o devido reconhecimento por Watson e Crick na construção do modelo, e que seu papel no episódio teria ficado minimizado ou, até mesmo, ficado à margem da história (SILVA, 2010a, p.70).

Esse episódio selecionado para a presente investigação trata, especificamente, dessas controvérsias existentes na História da Ciência a respeito da participação de Franklin na construção do modelo da dupla hélice. Sobre a escolha desse controverso episódio, Oliveira (2009, p.85), já dizia que:

James Watson ao questionar os motivos que levaram Rosalind a não ser capaz de descrever a molécula, mesmo tendo em mãos a mais importante evidência empírica, gera uma discussão importante. Discussão esta sobre o papel dado a Rosalind na história do DNA [...].

Nesse estudo, apresentamos duas possíveis interpretações (uma tradicional, simplificada e uma interpretação a partir de argumentos alternativos) a respeito da participação de Rosalind Franklin no episódio da construção da estrutura helicoidal do DNA. Com base nisso, esses argumentos relacionados à defesa da cientista foram abordados e utilizados nessa pesquisa para investigar a compreensão dos estudantes a respeito do episódio.

Ressaltamos que nesse estudo, ao utilizar e defender uma abordagem alternativa em História da Ciência corroboramos com o fato de que não se trata de optar por essa ou aquela concepção de Ciência, eleger essa ou aquela como verdadeira, mas de discutir os efeitos sociais da assunção desta ou daquela verdade. Consideramos que isso é particularmente importante na formação de professores de Ciências/Biologia, uma vez que parte significativa da formação científica das novas gerações estará sob suas responsabilidades. Nessa perspectiva, o papel da educação em ciências não é ensinar a “verdadeira ciência”, a “ciência do bem”, mas pôr em debate e combate as diferentes narrativas históricas que circulam no campo social, investindo em uma formação para pensar, decidir e não para simplesmente acatar (CHAVES, 2012, p.87).

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos, considerações finais e apêndices. A seguir descrevemos, resumidamente, cada um deles para que o leitor possa ter uma visão geral da pesquisa como um todo e das informações nela contidas.

No primeiro capítulo, apresentamos algumas concepções existentes nos referenciais teóricos consultados do Ensino de Ciências a respeito do tema História da Ciência, das contribuições do uso dessa temática no ensino, bem como formas que a literatura consultada aponta no sentido de como usar essa abordagem.

No segundo capítulo reconstruímos o episódio da construção do modelo de dupla hélice do DNA por meio da utilização de fontes históricas primárias (WATSON, 2003) e secundárias (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004; BRODY; BRODY, 1999; FERREIRA, 2003; HAUSMANN, 2002; MAYR, 1998; OLBY, 1994; SILVA, 2010a, 2010b;). Essa reconstrução foi utilizada como parâmetro para a nossa investigação. Ainda, apresentamos duas versões (uma tradicional e uma alternativa) a respeito das discussões existentes na literatura a respeito da defesa da cientista Rosalind Franklin com relação ao seu papel na descoberta da estrutura do DNA.

No terceiro capítulo apresentamos, em linhas gerais, os procedimentos metodológicos dessa pesquisa relativos aos participantes da investigação, aos instrumentos de coleta das informações e da análise, bem como a descrição da Análise de Conteúdo, que se constituiu na metodologia adotada para a realização das análises e categorização dos dados aqui levantados.

No quarto capítulo realizamos a análise dos dados coletados, assim como a organização e acomodação dessas informações em categorias e subcategorias, que foram exemplificadas por meio da apresentação de respostas dos estudantes pesquisados, bem como das considerações abstraídas nesta etapa investigativa.

Para as considerações finais, descrevemos nossos entendimentos e reflexões a respeito do que observamos nessa caminhada de investigação.

Para os apêndices, inserimos algumas informações referentes ao processo investigativo descrito no decorrer dessa pesquisa.

Ressaltamos que este estudo está inserido em um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, com a orientação do Professor Dr. Marcos Rodrigues da Silva. Esse grupo tem como objetivo discutir a relevância da História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Ciências, apresentando questionamentos e reflexões a respeito da sua inserção no ensino. Nessa mesma linha, seguem os trabalhos desenvolvidos por Barbosa (2011), Vilas Boas (2012), Medeiros (2012), Fiorin (2013) e Visitação (2013).

1 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Ao longo das últimas décadas, pesquisas em Ensino de Ciências têm evidenciado a relevância do papel desempenhado pela História da Ciência no ensino e aprendizagem das disciplinas científicas. Eventos e congressos da área destinam espaços específicos para a discussão dessa temática, visto que há um número grande de artigos publicados em revistas especializadas da área de Ensino de Ciências abordando o tema História da Ciência.

De acordo com Oki e Moradillo (2008, p.68), como consequência das discussões na literatura a respeito da inclusão de História da Ciência nas aulas, muitos países têm reestruturado seus currículos com o intuito de inserir elementos de História e Filosofia da Ciência no ensino. Os autores ainda argumentam que, no Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Novas Diretrizes Curriculares para os cursos de graduação também indicam a necessidade dessa inserção (OKI; MORADILLO, 2008, p.68).

No que se refere ao ensino de Biologia, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Biologia sugerem, e as Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas estabelecem, na definição dos conteúdos curriculares básicos, um eixo de fundamentos filosóficos e sociais, envolvendo “conhecimentos básicos de História, Filosofia e Metodologia da Ciência, Sociologia e Antropologia, para dar suporte à sua atuação profissional na sociedade, com a consciência de seu papel na formação de cidadãos” (BRASIL, 2001, p.6).

Atentando-se às propostas curriculares no Brasil, o autor El-Hani (2006) cita o comentário presente na Parte III dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), especificamente na seção que se refere à Biologia, no intuito de destacar a importância dada à abordagem da História e Filosofia da Biologia nas séries finais da Educação Básica:

Elementos da História e da Filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados ao seu momento histórico (BRASIL, 2000, p.14 *apud* EL-HANI, 2006, p.4).

Nas Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas, no que concerne às competências e habilidades inerentes ao biólogo, tanto bacharel quanto licenciado, observa-se que o futuro profissional deve “entender o processo histórico de produção do conhecimento das Ciências Biológicas referente a conceitos, princípios e teorias” bem como “estabelecer relações entre Ciência, tecnologia e sociedade” (BRASIL, 2001, p.3).

Ainda em relação aos currículos, o documento *Ciência para Todos*, da *American Association for the Advancement of Science*, faz recomendações explícitas para “tratar a natureza da ciência”, e “aquilo que as pessoas deveriam compreender acerca de alguns dos grandes episódios da história do trabalho científico e de alguns temas essenciais” (RUTHERFORD, 1995, p.19-20).

De acordo com Castro (1993, p.6), foi somente no final do século XIX e início do século XX que uma maior atenção em relação ao uso da História da Ciência no Ensino das Ciências começou a ser pensada. Nessa época, alguns professores ingleses já incluíam a História da Ciência nas suas aulas com o intuito de motivar os alunos, e a Associação Inglesa para o Avanço da Ciência defendia, em 1917, a possibilidade de demonstrar, através da História da Ciência, que ela é uma atividade humana como as outras, defendendo a utilização da sua história no Ensino das Ciências (SEQUEIRA; LEITE, 1988, p.30).

No Brasil, em meados do século XIX, pesquisadores começaram a trabalhar com essa temática de modo isolado e foi somente na década de 60 do século XX que a História da Ciência começou a fazer parte do ensino universitário, ocasionando a formação de grupos de pesquisa em instituições como a Universidade de São Paulo (USP), Universidade de Campinas (UNICAMP), Universidade do Rio de Janeiro (UFRJ) e serviu como apoio para a fundação de instituições estatais como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que hoje apoiam inúmeras pesquisas científicas por todo o país (BASSALO, 1992, p.61).

Martins (2000, p.40), ao comparar a atividade dos historiadores da ciência no início do século XX com a atividade atual, diz que “Em torno de 1900 (...) a História da Ciência era escrita com pequena motivação histórica, propriamente dita, no seguinte sentido: o passado era estudado quase exclusivamente para compreender o presente”. O autor afirma, ainda, que “A História da Ciência era descrita como uma evolução conceitual totalmente independente do contexto histórico mais amplo, não se estabelecendo nenhuma correlação entre as transformações científicas e as mudanças religiosas, culturais, econômicas, políticas etc.” (p.40).

Conforme Prestes e Caldeira (2009, p.2), “O interesse pelo *ensino contextual das ciências*, tanto no ensino Básico quanto no Ensino Superior, aumentou significativamente a partir da década de 1970”. Desde então, a inclusão da História da Ciência na educação científica vem sendo recomendada como um recurso significativo para uma formação de qualidade, especialmente visando ao ensino e aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da Ciência.

Alguns autores colaboraram para refletir sobre a definição do termo HC. Para Acot (2001, p.11), por exemplo, na História da Ciência atual “Trata-se mais de descobrir e de compreender os problemas que os eruditos se colocavam antes de conseguir resolvê-los, do que enumerar sucessões de resultados. Hoje, em História das Ciências, o que se considera são as problemáticas”.

Para os autores Ternes, Scheid e Güllich (2009, p.4), a “História da Ciência é uma área de estudos em que existe a combinação de várias áreas de conhecimento, tais como História, Sociologia, Filosofia e Antropologia”. E essa combinação tem colaborado para a desmistificação da Ciência vista como um processo de descobertas de grandes gênios que pairam acima da capacidade dos pobres mortais. Além disso, a combinação dessas áreas contribui na rememoração do processo envolvido na produção do conhecimento científico que é produzido por pessoas incluídas em uma determinada cultura, que não pode ser desconsiderada ao se estudar os saberes sugeridos.

A História da Ciência não é, então, um conjunto de biografias de personagens geniais, também não é um conjunto de relatos cronologicamente organizados sobre descobertas marcantes, ela estuda o processo de construção do conhecimento científico. Para Bachelard (1991, p.75), a História da Ciência não pode ser apenas uma história de registros; ao historiador de ciências cabe dar juízos de valor aos pensamentos e descobertas científicas, ou seja, é preciso que ele trace linhas de progresso. Assim, os pesquisadores que trabalham com essa temática não olham para o passado e procuram as origens apenas do que deu certo, separando a história do conhecimento genuíno e brilhante daquilo que foi rejeitado. Eles não olham para o passado pensando no que hoje é aceito pela comunidade acadêmica sobre determinado assunto, pois a História da Ciência procura estudar a construção do conhecimento de uma época dentro do seu próprio contexto.

Para Acot (2001), a História da Ciência pode ser entendida de duas formas:

Num primeiro sentido, significa o desenvolvimento de determinadas ciências na história. Essa história das ciências trata do desenvolvimento, no passado, da matemática, da física, da biologia etc. (...). Num segundo sentido, a expressão ‘história das ciências’ remete para a própria disciplina e para os problemas filosóficos e epistemológicos que levantam, quando tentamos realizar estas histórias setoriais (p.9).

Neusa Maria John Scheid (2008) afirma que a inclusão dessa abordagem no ensino é entendida de forma mais ampla, como sendo a história da construção do conhecimento, podendo facilitar uma educação científica adequada ao priorizar o aspecto dinâmico do saber

científico, conscientizando os estudantes de que a ciência é um processo constante de produção de conhecimento.

Essa História da Ciência deve ser “uma história que apresente a ciência em toda a sua historicidade, como prática social e cultural realizada por seres humanos imersos numa cultura” (SILVA *et al.*, 2008, p.498), pois

Conhecer o passado histórico é tão importante quanto conhecer o presente ou mesmo o futuro, pois é pelo passado que os seres humanos são julgados, e é por esse passado que somos conhecidos. Ter o conhecimento e refletir sobre o passado das ciências implica em saber mais sobre quais são as suas origens e seus erros e muito mais, conhecer-se a si mesmo. Dessa forma, conhecer a história da construção dos principais episódios científicos, que são objetos de estudos das Ciências, faz da disciplina de Biologia um instrumento que vem contribuir para uma melhor formação de professores e alunos e suas atuações em salas de aula. A abordagem histórica aproxima cognitivamente o conhecimento científico do conhecimento comum (OLIVEIRA, 2009, p.17).

Gagliardi e Giordan (1986, p.254) destacam particularmente a expectativa de que o uso de um enfoque histórico contribua para que os alunos consigam desenvolver uma compreensão crítica da Ciência, visto que:

A História da Ciência pode mostrar em detalhe alguns momentos de transformação profunda da ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à transformação e que setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode dar as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam da atividade científica.

Segundo Matthews, a função integradora da história é, talvez, a mais fundamental para a educação científica, pois

A história permite que temas aparentemente independentes dentro de uma disciplina científica sejam conectados uns com os outros. A história também conecta temas através das disciplinas científicas – a decifração do código de DNA ligado à geologia, à cristalografia, à química e à biologia molecular. [...] Finalmente, a história permite uma certa valorização das interconexões dos domínios dos conhecimentos acadêmicos com fatores culturais e sociais (MATTHEWS, 1994, p.81).

Para Silva e Teixeira (2009), a História da Ciência é mais do que um recurso didático, ela é fundamentalmente um ambiente interdisciplinar, capaz de fazer com que os alunos realmente compreendam o significado, a importância e o contexto no qual a Ciência foi desenvolvida, não limitando o seu ensino somente a nomes, fórmulas e resolução de exercícios. Para esses autores, o uso dessa temática nas aulas permite ampliar as possibilidades e estratégias de ensino, auxiliando a construção de uma concepção de mundo

integradora e trazendo características da Ciência que não são abordadas normalmente no ensino tradicional (p.3).

Nesse sentido, a História da Ciência oferece uma opção diferenciada da construção do conhecimento, possibilitando ao aluno um olhar globalizado sobre a Ciência e suas relações. Dessa forma, incluir a História da Ciência como a história da construção do conhecimento, pode ser uma facilitadora da educação científica, levando o aluno a perceber que a Ciência se constitui numa construção histórico-cultural (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Entretanto, Martins (2006, p.17) ressalta que a História da Ciência não pode simplesmente substituir o ensino comum de Ciências; o que ela pode é complementá-la de várias formas. Nesse sentido, Bastos (1998) cita o uso dessa temática como um dos possíveis caminhos que têm sido enfatizados para a melhoria do Ensino de Ciências, sendo que esse uso poderá, segundo o autor, se dar em duas circunstâncias básicas: como conteúdo de ensino em si mesmo ou como fonte de inspiração para a definição de conteúdos e para a proposição de estratégias de ensino.

Dessa forma, uma aprendizagem sobre as Ciências, complementada pelo uso da História da Ciência, acaba dando oportunidade aos alunos de compreenderem que as ciências são o produto de uma complexa atividade social, que antecipa e procede ao ato individual da descoberta ou criação (HODSON, 1998), por permitir-lhes verificar como as teorias atualmente aceitas evoluíram em consequência de uma atividade humana, coletiva, desenvolvida em determinados contextos sócio-históricos e culturais (que também evoluíram ao longo dos tempos) e, dessa forma, apreciarem o significado cultural e a validação das teorias à luz do contexto em que foram aceitas (DUSCHL, 1997 *apud* DUARTE, 2004, p.319).

Como afirma Lind (1980 *apud* DUARTE, 2004, p.319), a História da Ciência oferece o material adequado para ilustrar a descoberta, a modificação e a revisão, a rejeição e a readoção de teorias, a sua relatividade e a sua dependência da ideologia vigente. A ideia de que a História da Ciência pode combater o cientificismo e o dogmatismo, que são frequentes nos textos científicos e nas aulas de Ciências, baseia-se na consideração de que o conhecimento da historicidade das ciências promove a independência da mente, evitando o “cientificismo”, isto é, a exaltação das ciências como algo absoluto, como uma capacidade quase ilimitada na resolução dos problemas da humanidade. Mas, combate também o dogmatismo, evitando que se julguem como ingênuas as teorias científicas de outras épocas vistas à luz dos dados e das ideias de hoje (DUARTE, 2004, p.319).

Prestes e Caldeira (2009) comentam que textos que apresentem uma linguagem adequada aos estudantes, com informações históricas corretas e bem fundamentadas, uma discussão histórica mais aprofundada do assunto, que relatem o modo como os cientistas trabalham a construção dos modelos e teorias propostas pelos cientistas, assim como seus diferentes conceitos, métodos e limitações alcançados, possibilitam ao estudante compreender como se processa o conhecimento científico e o papel da Ciência ao longo dos séculos, tornando a aprendizagem mais interessante e atrativa.

Apesar do que foi exposto, Roberto Martins alerta que, ao se incorporar a História da Ciência no ensino de Ciências devem ser evitadas algumas visões distorcidas da Ciência, decorrentes do uso de histórias anedóticas, da utilização de dados que levam a uma compreensão linear dos fatos, da aparente consensualidade de pensamentos dos cientistas e da ausência de uma contextualização mais ampla (MARTINS, 2006). Essa preocupação respalda-se no que diz Gil-Pérez a respeito de que a forma como são ensinados conteúdos de Ciências no Ensino de Ciências pode acabar levando os estudantes a apresentar concepções e ideias equivocadas com relação ao trabalho científico. Gil-Pérez (*apud* TEODORO, 2000, p.55) relaciona esses equívocos:

Visão empirista e aleatória: Ressalta o papel da observação e da experimentação “neutras” (não contaminadas por ideias apriorísticas) esquecendo o papel essencial das hipóteses e da construção de um corpo coerente de conhecimentos (teoria) [...].

Visão rígida (algorítmica, “exata”, infalível...): Apresenta o “método científico” como um conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente. Ressalta, por outro lado, o tratamento quantitativo, controle rigoroso etc., esquecendo, e inclusive rechaçando, tudo o que significa invenção, criatividade, dúvida.

Visão não problemática: Transmitem-se conhecimentos já elaborados, sem mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, qual foi sua evolução, as dificuldades e as limitações do conhecimento atual e as perspectivas possíveis.

Visão exclusivamente analítica: Ressalta a necessária parcialização dos estudos, seu caráter delimitado, simplificado, mas que resiste aos esforços posteriores de unificação, construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, o tratamento de problemas “fronteira” entre dois domínios distintos que podem chegar a unir-se etc.

Visão cumulativa, linear: Os conhecimentos aparecem como fruto de um crescimento linear, ignorando as crises, as remodelações profundas. Ignora-se, em particular, a descontinuidade radical entre o tratamento científico dos problemas e o pensamento comum.

Visão de “senso comum”: Os conhecimentos apresentam-se como claros, óbvios, “de senso comum”, esquecendo que a construção científica parte, precisamente, do questionamento sistemático do óbvio. Contribui-se implicitamente para esta visão quando se pratica o *reducionismo conceitual*, ou seja, quando se apresenta o progresso das *concepções alternativas* dos alunos aos conceitos científicos como uma simples mudança de ideias, sem considerar as mudanças metodológicas que tal transformação exige, [...].

Visão “velada”, elitista: Esconde o significado dos conhecimentos atrás do aparato matemático. Não se esforça por fazer a ciência acessível, para mostrar seu caráter de construção humana, na qual não faltam nem confusões e nem erros... como os dos próprios alunos.

Visão individualista: Os conhecimentos científicos aparecem como obra de gênios isolados, ignorando-se o papel do coletivo, dos intercâmbios entre grupos [...].

Visão descontextualizada, socialmente neutra: Esquece as complexas relações Ciência, Tecnologia e Sociedade e proporciona uma imagem dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”, encerrados em torres de marfim alheios às necessárias tomadas de decisão. [...]

Essas visões podem ser transmitidas para os estudantes por meio do uso do livro didático, visto que muitos professores se baseiam apenas nesses livros para elaborar e ministrar suas aulas, porém muitos livros didáticos de Ciências não abordam de maneira apropriada o desenvolvimento histórico da Ciência e da Natureza da Ciência, propagando concepções inadequadas sobre o trabalho científico (PAGLIARINI, 2007, p.103-104; HÖTTECKE; SILVA, 2010, p.294).

Nesse contexto, Visitação (2013) analisou narrativas históricas referentes ao episódio da descoberta da dupla hélice do DNA nos livros didáticos de Biologia PNLD/2012 e constatou que, apesar de apresentarem informações importantes acerca desse episódio, os livros analisados veiculavam algumas concepções inapropriadas de Natureza da Ciência. Além desse estudo, outros trabalhos envolvendo a análise de livros didáticos de Biologia como “O ensino de Evolução Biológica e sua Abordagem em Livros Didáticos” (ZAMBERLAN; SILVA, 2012) e “A História da Ciência nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana” (ROSA; SILVA, 2010) são tendências do nosso grupo de pesquisa.

A respeito disso, são vários os autores que se referem às potencialidades da História da Ciência para evitar uma visão negativa que muitos alunos/cidadãos têm sobre a Ciência, mostrando o “lado humano” dos cientistas. Isto é possível recorrendo, por exemplo, a biografias de cientistas ou episódios das suas vidas. A História da Ciência pode, nesse sentido, estimular o interesse dos alunos e promover o desenvolvimento de uma atitude positiva para com as ciências, o que, em última análise, pode contribuir para diminuir a distância entre cientistas e não cientistas (SNOW, 1969; DUARTE, 2004, p.319).

Dessa forma, a História e Filosofia da Ciência surgem como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para evitar essas visões distorcidas sobre o fazer científico, por permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da Ciência e por proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula (MARTINS, 2007, p.115).

Nesse sentido, Oki (2006) afirma que a valorização de assuntos relacionados à História e Filosofia da Ciência para a formação do professor de Ciências tem crescido na

comunidade científica. Entretanto, a “inclusão desses temas nos currículos ainda segue um modelo tradicional, onde geralmente disciplinas específicas abordam estas questões e a articulação com a didática é extremamente frágil ou inexistente” (p.35).

Há quem defenda que a introdução da História e Filosofia da Ciência na formação docente vai além de um caráter conteudístico, não devendo ser encarada somente como uma disciplina a mais a ser somada na matriz curricular dos cursos de licenciatura. Por outro lado:

[...] deve e pode na formação docente constituir-se no espaço para debater: o processo de produção, de consumo e comercialização do conhecimento científico; o papel da mulher no desenvolvimento das Ciências; o papel da História da Ciência no ensino das Ciências; as estratégias de abordar assuntos científicos numa linguagem histórica; o papel da comunidade científica na sociedade; o papel da Ciência e tecnologia ao longo da história; a história dos conceitos via pesquisa monográfica; discutir e criticar as metodologias e os livros didáticos; elaboração de projetos didáticos ou pedagógicos (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005, p.86-87).

Neusa Maria John Scheid (2006) também detectou em sua investigação a importância da Epistemologia e História da Ciência para que se possa efetivar uma formação que fará do professor um educador e não apenas um técnico em Ciências. Essa formação proporcionará as condições necessárias para que ocorra uma mudança de enfoque no Ensino de Ciências em que a Ciência passe a ser tratada como uma atividade humana, histórica e culturalmente situada.

Dessa forma, a necessidade de combater essas visões ditas “não adequadas” e tentar fazer com que estudantes e até mesmo professores possuam uma visão mais ampla do conhecimento científico faz parte de um processo de alfabetização científica (GIL-PÉREZ, 2008, *apud* BRICCIA; CARVALHO, 2011, p.2). Tal preocupação vem sendo uma constante entre pesquisadores da área de Ensino das Ciências, visto que estudos que focalizam as concepções epistemológicas dos professores de Ciências (PRAIA; CACHAPUZ, 1994; HARRES, 1999; GIL-PÉREZ *et. al.*, 2001) indicam que muitos docentes ainda detêm uma concepção empirista/indutivista sobre a produção do conhecimento científico. Para Gil-Pérez *et al.* (2001), deste entendimento epistemológico resulta tanto uma concepção aproblemática, a-histórica, cumulativa e de crescimento linear do conhecimento científico, como também uma visão elitista, descontextualizada e socialmente neutra da Ciência.

Em virtude disso, pesquisadores brasileiros e estrangeiros que têm se dedicado a investigar o ensino de Biologia, Física e Química, são unânimes em anunciar que a inserção do debate epistemológico, via História e Filosofia da Ciência, nos espaços de formação docente, devidamente articulado às suas práticas de ensino, se constitui em uma estratégia frutífera para uma melhor preparação dos professores e para a superação do ensino dogmático

e memorístico que ainda perdura na educação científica, em diversos âmbitos. Esta defesa é corroborada, em âmbito internacional, sob diferentes argumentos (DELIZOICOV; SLONGO; HOFFMANN, 2011, p.2).

1.1 Argumentos Favoráveis (e não Favoráveis) à Inserção de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências

Diferentes autores, assim como vários estudos na área de Ensino de Ciências, apresentam argumentos a favor da inclusão de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências, e algumas pesquisas ressaltam a importância da inserção de elementos de HFC também na formação de professores (DUARTE, 2004, p.324-325; BISCAINO, 2012, p.82-83; MARTINS, 2012, p.19).

Michael Matthews, fundador da revista *Science & Education*, é uma das principais referências com relação às contribuições dessa temática para o Ensino de Ciências. Ele discute os argumentos a favor e contra a inserção da História e da Filosofia da Ciência (HFC) no ensino escolar de disciplinas científicas:

Os que defendem HFC tanto no ensino de ciências como no treinamento de professores, de uma certa forma, advogam em favor de uma abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; o que não deixa de ser um redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências (MATTHEWS, 1995, p.166).

Muitos são os argumentos a favor da inclusão dessa perspectiva no ensino. Esse mesmo autor apresenta uma lista de sete razões favoráveis à inclusão do componente histórico nos programas curriculares de ciências:

- 1) A História promove melhor compreensão dos conceitos científicos e métodos.
- 2) Abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas.
- 3) A História da Ciência é intrinsecamente valiosa. Episódios importantes da História da Ciência e Cultura – a revolução científica, o darwinismo, a descoberta da penicilina etc. – deveriam ser familiares a todo estudante.
- 4) A História é necessária para entender a natureza da ciência.
- 5) A História neutraliza o cientificismo e dogmatismo que são encontrados frequentemente nos manuais de ensino de ciências e nas aulas.
- 6) A História, pelo exame da vida e da época de pesquisadores individuais, humaniza a matéria científica, tornando-a menos abstrata e mais interessante aos alunos.
- 7) A História favorece conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas, assim como com outras disciplinas acadêmicas; a história expõe a natureza integrativa e interdependente das aquisições humanas (MATTHEWS, 1994, p.50).

Matthews também faz um alerta para o fato de que os professores devem estar atentos ao fazer uso da História da Ciência nas aulas, sendo sensíveis às questões filosóficas que a própria história suscita (MATTHEWS, 1994, p.70). De acordo com ele, “[...] o desenvolvimento histórico da ciência se confunde com a filosofia, e apresentar o desenvolvimento da ciência independentemente do seu contexto filosófico é apresentar um relato muito reduzido da ciência” (p.71).

Matthews então comenta que, embora a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência não resolvam todos os problemas para a crise que se instalou no ensino contemporâneo de ciências (caracterizada principalmente pela evasão de alunos e professores das salas de aula e pelos altos índices de analfabetismo científico), uma abordagem em HFSC pode auxiliar a resolvê-los na medida em que:

[...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências, bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p.165).

Para esse autor, não há “matéria” que não possa se tornar mais interessante e atrativa com a introdução de considerações filosóficas. Segundo ele, o exercício não é ensinar Filosofia, mas potencializar a aprendizagem mediante a conscientização sobre aspectos interessantes da Ciência (MATTHEWS, 1991, p.151).

Argumenta-se que, ainda que a utilização da História e Filosofia da Ciência tornasse o estudo das ciências menos “árido”, ao evidenciar que o conhecimento científico tem uma história, isso tornaria o ensino mais atrativo e motivante, refletindo positivamente na aprendizagem. Vincular o desenvolvimento da Ciência a questões éticas, culturais, sociais, políticas e econômicas – próprias de cada época e lugar – contribuiria para motivar mais estudantes para o estudo da Ciência, principalmente aqueles que não se sentem muito atraídos pelas abordagens “tradicionais” de ensino.

Para Matthews (1995), a abordagem histórica da Ciência, ao apresentar períodos de controvérsias, por exemplo, pode ajudar os alunos a compreender que a Ciência trabalha com idealizações do mundo real. Em suas palavras, “a história e a filosofia da ciência podem dar

às idealizações em ciência uma dimensão mais humana e compreensível e podem explicá-las como artefatos dignos de serem apreciados por si mesmos” (p.184).

Outro argumento seria que a HFC contribui para o tratamento interdisciplinar dos conteúdos além de auxiliar na compreensão de conteúdos específicos, podendo ajudar a dar um maior significado às equações e fórmulas que os estudantes dizem “decorar”, mas que não compreendem o seu verdadeiro significado. O professor pode usar da História e Filosofia da Ciência para buscar a origem dessa equação e inseri-la na problemática precisa de uma determinada época, dando sentido ao que – descontextualizadamente – parecia não fazer sentido. Porém, esses aspectos abordados durante a prática docente devem ser muito bem fundamentados, pois para Martins (1990, p.4), “Ensinar um resultado sem sua fundamentação é simplesmente doutrinar e não ensinar”. De acordo com esse argumento, os elementos ligados à HFC podem fornecer dados que ajudem a justificar determinados conceitos, leis ou teorias, além de contribuírem para a compreensão de que os conceitos são produto de um processo, e não apenas um produto que surge já na sua forma pronta e acabada (WANG; MARSH, 2002, p.174).

Para Matthews (1995, p.185), é importante que os alunos compreendam o papel da idealização na construção do conhecimento científico. Assim, o autor defende o uso da HFC como ferramenta para ajudar nessa compreensão. De acordo com ele, um professor com conhecimento dessa temática “pode auxiliar os estudantes a compreender exatamente como a Ciência apreende, e não apreende o mundo real, vivido e subjetivo” (MATTHEWS, 1995, p.185). Além disso:

A história e a filosofia da ciência podem dar às idealizações em ciência uma dimensão mais humana e compreensível e podem explicá-las como artefatos dignos de serem apreciados por si mesmos. Isto é importante para os estudantes que estão sendo apresentados ao “mundo da ciência” (MATTHEWS, 1995, p.184).

A História e a Filosofia da Ciência também são apontadas como um meio para contribuir com a compreensão da natureza do conhecimento científico, visto que um dos problemas relativos ao Ensino de Ciências consiste na dificuldade dos alunos compreenderem a forma pela qual a Ciência apreende o mundo. Muitos alunos (e também professores) imaginam que as leis e teorias derivam da interpretação objetiva dos fatos. Baseados em uma concepção empirista ingênua, esquecem que a interpretação destes é feita mediante conhecimentos preexistentes. Em razão disso, uma abordagem histórico-filosófica possibilitaria evitar o dogmatismo e compreender a Ciência como um conhecimento mutável, em que métodos e padrões de racionalidade são historicamente situados. O papel de princípios

metafísicos, de questões sociais, éticas e políticas, para o desenvolvimento científico, também pode ser mais bem compreendido com a utilização dessa temática.

Martins (1998) lista nove pontos positivos para o uso da História da Ciência especificamente no Ensino de Biologia, porém, em suas considerações finais ela chama a atenção dos leitores no sentido de que é necessário tomar algumas precauções ao usar essa metodologia, para evitar os mesmos erros observados em sua análise, como as distorções, visto que os autores de muitos livros didáticos utilizam uma descrição superficial e até falha da História da Ciência para passar uma visão preconcebida e simplista da dinâmica científica. É preciso fazer um estudo mais aprofundado, baseado em materiais originais, para poder compreender o que realmente se passa no processo de construção da Ciência (MARTINS, 1998, p.20). Os pontos positivos apontados por Martins (1998, p.18-20) para o uso da História da Ciência no ensino da Biologia são:

- 1) A História da Ciência pode ser utilizada como um dispositivo didático útil, contribuindo para tornar o ensino da ciência no nível médio mais interessante e facilitar sua aprendizagem. Isso pode ser aplicado tanto ao ensino da Biologia como ao ensino de outras disciplinas;
- 2) Mostrar através de episódios históricos o processo gradativo e lento de construção do conhecimento, permitindo que se tenha uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações. Isso possibilitará a formação de um espírito crítico, fazendo com que o conhecimento científico seja desmistificado sem, entretanto, ser destituído de valor;
- 3) O estudo da História da Ciência deve evitar que se adote uma visão ingênua (ou arrogante) da ciência, como sendo ‘a verdade’ ou ‘aquilo que foi provado’, alguma coisa de eterno e imutável, construída por gênios que nunca cometem erros e eventualmente alguns imbecis que fazem tudo errado;
- 4) “Por outro lado, deve impedir a adoção de uma visão anticientificista de que todo conhecimento nada mais é do que mera opinião, que todas as ideias são equivalentes e que não há motivo para aceitar as concepções científicas;
- 5) A História da Ciência irá mostrar, através de uma análise histórica, que a ciência muda no decorrer do tempo e que ela é feita por seres humanos falíveis que podem aperfeiçoar o conhecimento, o que não significa que suas propostas possam ser consideradas definitivas;
- 6) A história da ciência mostrará que, apesar de cometerem erros, os cientistas não agem cegamente e costumam basear-se em evidências;
- 7) A História da Ciência mostra, através de episódios históricos, que ocorreu um processo lento de desenvolvimento de conceitos até se chegar às concepções aceitas atualmente. Isso pode facilitar o aprendizado do próprio conteúdo científico que estiver sendo trabalhado. O educando perceberá que suas dúvidas são perfeitamente cabíveis em relação a conceitos que levaram tanto tempo para serem estabelecidos e que foram tão difíceis de atingir;
- 8) Através da História da Ciência o educando irá perceber que a aceitação ou o ataque a alguma proposta não depende apenas de seu valor intrínseco, de sua fundamentação, mas que também nesse processo estão envolvidas outras forças, tais como as sociais, políticas, filosóficas ou religiosas; e,
- 9) Uma das utilidades da História da Ciência é procurar esclarecer concepções históricas errôneas que vêm sendo perpetuadas no decorrer do tempo, muitas delas por culpa mesmo de alguns historiadores da ciência.

Apesar desses argumentos a favor do uso da História e Filosofia da Ciência, em primeira instância, serem de bases epistemológicas sólidas, muitas críticas existiram a tais argumentos, oriundas de diversos autores.

Por volta da década de 1970, ocorreu um simpósio no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em que o papel da História e da Filosofia da Ciência no ensino foi debatido. Ao longo dessa mesma década, algumas das críticas foram aprimoradas, tendo reflexos até os dias de hoje.

Desde então, algumas desvantagens para o maior uso da História no ensino das Ciências são também apresentadas na literatura (BRUSH, 1974; LOMBARDI, 1997; SÀNCHEZ-RON, 1988), como, por exemplo, o não reconhecimento dos diferentes pontos de vista e interesses do cientista e do historiador; a visão distorcida do passado e da História; a decepção com o comportamento e posturas de alguns cientistas quando se conhece mais profundamente sobre sua história; a complexidade de alguns episódios da História, cuja simplificação pode ser muito prejudicial; o uso de preconceitos e uma visão “presentista” para julgar fatos e narrativas históricas; a questão da interpretação envolvendo a subjetividade do historiador no processo de reconstrução (OKI, 2006, p.1).

Muitos dos argumentos existentes contra o emprego da História da Ciência no ensino questionam a necessidade de simplificação da própria história para fins didáticos, o que é certamente indesejável, uma vez que a simplificação acaba por distorcer a própria história e diminuir a qualidade do seu conteúdo (BRUSH, 1974; WHITAKER, 1979).

Um dos argumentos que se opõem ao uso da HFC no ensino se baseia na premissa de que a história apresentada em cursos de Ciências seria uma “pseudo-história”, visto que o tipo de História da Ciência presente nesses cursos é fruto de uma abordagem seletiva e parcial da história, que não refletiria toda a complexidade dos eventos passados. A respeito disso, Fiorin (2011, p.56) relata que a pseudo-história seria “a utilização da ciência para dar autoridade a uma história que não é verdadeira”. Assim, esse tipo de história acaba sendo deturpado “por elementos que a dramatizam, romantizam e em aspectos didáticos são erroneamente utilizados para tornar essa história mais atraente” (p.56). Essa “má” história não seria adequada a uma compreensão aprofundada do desenvolvimento do conhecimento científico, podendo ser, inclusive, prejudicial ao ensino. Um aspecto que reforça essa ideia é o fato de que cientistas e historiadores têm, em geral, propósitos e perspectivas diferentes ao lidar com o material histórico. Dado que os professores de Biologia/Ciências (seja da Educação Básica ou Superior) não têm, em sua maioria, uma formação específica em História ou Filosofia da Ciência, o máximo que se pode esperar é uma história de má qualidade, simplificada e sujeita a distorções: uma “pseudo-história”.

Douglas Allchin adverte sobre os exemplos de pseudo-história e pseudociência presentes no contexto educacional. Esse autor desvaloriza a influência negativa das pequenas

histórias do tipo da maçã que caiu na cabeça de Newton ou da de Arquimedes gritando ‘Eureka’ enquanto corria despido pelas ruas de Siracusa (Sicília, Itália). A estas coloca o rótulo de ‘falsa história’ por aludirem a acontecimentos e dados não confirmados pela História da Ciência. A respeito disso, ele expõe alguns “sinais de advertência” que podem servir de indicativo para os professores a respeito do que seria uma pseudo-história. Os sinais mais comuns, segundo ele, são: relatos romantizados; personalidades sem defeitos; descobertas monumentais e individuais; *insights* do tipo Eureka; somente experimentos cruciais; sentido do inevitável, trajetória óbvia; retórica da verdade versus ignorância; ausência de qualquer erro; interpretação apromblemática das evidências; simplificação exagerada ou idealização; conclusão carregada de ideologia; autor com conhecimento superficial da literatura científica para o tema estudado. Em relação aos sinais para a ausência de contexto histórico, Allchin menciona: nenhuma configuração social ou cultural; nenhuma contingência humana; ausência de ideias antecessoras; aceitação sem críticas do novo conceito (ALLCHIN, 2004, p.193).

Outro argumento não favorável ao uso de uma abordagem histórica no ensino seria o de que a História da Ciência costuma ser “fabricada” para servir a ideologias científicas. Whitaker (1979) recorreu ao termo “*quasi-history*” para criticar esse tipo de abordagem didática que, na concepção dele, se constituiria em relato distorcido da atividade científica, sendo considerada ainda mais grave para os propósitos didáticos. Whitaker (1979 *apud* BALDINATO; PORTO, 2008, p.4) descreveu a “*quasi-history*” como uma abordagem na qual uma história é construída com um tipo de moldura para se apresentar conceitos científicos em uma sequência que faça sentido, mas que não resiste a uma análise histórica fidedigna, acabando assim distorcendo a história.

De acordo com esse argumento, a História da Ciência apresentada em cursos e manuais didáticos de Biologia/Ciências costuma ser distorcida (seja em maior ou menor grau) com o intuito de “acomodar-se” a determinadas visões que se queira transmitir. A história passa a ser “fabricada” com o propósito de servir a uma determinada ideologia. Por exemplo, não é incomum encontrarmos descrições históricas que realçam o papel de um único personagem (aquele que foi o “vitorioso”, desprezando, em geral, aqueles que tiveram as ideias “erradas”...) ou reforçam uma visão linear e lógica da Ciência, com cada acontecimento científico (ou “descoberta”) encadeado em outro. Claro que isso não é uma regra, pois muitas vezes essa “reconstrução” da história não tenciona, deliberadamente, promover uma ou outra ideologia, ela pode simplesmente ser o resultado de tentativas de tornar a História da Ciência mais adequada ao processo de ensino. Mas, ainda assim, tais intenções pedagógicas não diminuem os problemas gerados pela “*quasi-history*”.

Fala-se ainda na questão de que não há espaço nos currículos para a inserção da História e da Filosofia da Ciência, pois o uso dessa temática como estratégia didática requer um aumento do tempo (que já é bastante escasso) dedicado às aulas de Ciências e Biologia. Caso o professor opte por uma abordagem histórico-filosófica dos conteúdos de Biologia no Ensino Médio, por exemplo, certamente encontrará problemas em “vencer o conteúdo” característico desse nível de ensino, sem contar que muitos currículos são muito voltados à preparação conteudista visando à aprovação dos estudantes nos vestibulares.

Estudos recentes também têm destacado a existência de lacunas no que se refere à disponibilidade de materiais didáticos de qualidade, que possam subsidiar o trabalho docente para uma abordagem didático-pedagógica da História e Filosofia da Ciência, nos vários níveis de ensino (PEDUZZI, 2001; SLONGO; DELIZOICOV, 2003). Silva (2006) aponta, ainda, o reduzido número de trabalhos que investigam estratégias para a articulação entre História e Filosofia da Ciência e o Ensino das Ciências Naturais.

Essas objeções à inserção da HFC no ensino não são novas, elas remetem aos riscos de uma abordagem pseudo-histórica, como discutida por Martin Klein em 1972, assim como aos possíveis prejuízos, conforme apontados por Thomas Kuhn, em 1959 e 1977, e por Stephen Brush, em 1974, ao espírito científico dos estudantes (MATTHEWS, 1995). Segundo Matthews, em suas críticas Brush sugere que:

A história da ciência poderia ser uma influência negativa sobre os estudantes porque ela ceifa as certezas do dogma científico; certezas essas que são tão úteis para se manter o entusiasmo do principiante. Apesar do tom jocoso, na verdade, ele sugere seriamente que apenas um público científico maduro deveria ter acesso à história (MATTHEWS, 1995, p.177).

Ana Isabel Pereira e Filomena Amador sintetizam as críticas de professores e de pesquisadores a respeito da utilização da História da Ciência na educação:

[...] por parte dos próprios professores é apresentada com frequência a possibilidade da HC poder desviar os estudantes dos temas que na verdade são “importantes”, ou, ainda, de potencializar o desenvolvimento de posições cépticas em face dos saberes científicos que contribuam para relativizar este tipo de conhecimento; ii) por outro lado, os historiadores também chamam a atenção para as lacunas e reinterpretções incorretas, mesmo abusivas, que são produzidas ao utilizar-se a HC em âmbitos pedagógicos. Podendo nalguns casos estas “deformações” históricas serem inocentes, fruto mesmo de um desconhecimento da HC por parte de professores e autores de manuais, como poderem, também, ser suficientemente consciencializadas e veicularem mensagens ideológicas, na linha do que se poderá designar por *whiggismo* (PEREIRA; AMADOR, 2007, p.193).

Matthews considera pertinentes as críticas a respeito das possíveis distorções decorrentes das tentativas de simplificações da História da Ciência de modo a adequá-las ao ensino. No entanto, para ele, tais distorções podem ocorrer no processo de simplificação de conteúdos de todas as disciplinas e não apenas da História da Ciência. Além disso, Matthews entende que a questão da interpretação da História da Ciência não é motivo para dificultar ou impedir o uso da abordagem histórica no ensino, pois a HC “pode tornar-se uma boa ocasião para que os alunos sejam apresentados a importantes questões de como lemos textos e interpretamos os fatos”, uma vez que “a partir de seu dia a dia, os alunos sabem que as pessoas veem as coisas de formas diferentes; portanto, a história da ciência constitui-se num veículo natural para se demonstrar como esta subjetividade afeta a própria ciência” (MATTHEWS, 1995, p.177).

Diante de todos os argumentos expostos até aqui, observa-se que, apesar de alguns autores se oporem ao uso da História da Ciência no ensino, a grande maioria entende que a inclusão dessa abordagem no ensino é importante não apenas no sentido de ser usada para contextualizar os conhecimentos científicos, bem como a relação deles com a Ciência, a tecnologia e a sociedade, mas também para possibilitar uma maior compreensão do conteúdo apresentado e da própria Natureza da Ciência. Ante o exposto, levanta-se uma questão: de que maneira professores podem abordar o tema História da Ciência no ensino?

Nas seções a seguir, apresentamos possíveis formas de abordar a História da Ciência no contexto das aulas.

1.2 Uso de Abordagens da História da Ciência no Ensino de Ciências

Como vimos, perante toda discussão a respeito do uso da História da Ciência no ensino, várias pesquisas no campo da educação e também documentos oficiais têm apontado que o emprego dessa temática nas aulas pode contribuir para a desmistificação da neutralidade da Ciência, bem como estimular os alunos para os conteúdos trabalhados nas disciplinas de Ciências Naturais/Biologia (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1998; BRASIL, 1998; PEDUZZI, 2001).

Como já mencionado, nas últimas décadas, a importância dessa inserção tem sido enfatizada em diversos eventos e congressos específicos da área, além da diversidade de estudos publicados em artigos e periódicos especializados. Essa tendência também é mencionada por Vilas Boas (2012, p.56), autor que também faz parte do grupo de estudos

orientado pelo Professor Marcos Rodrigues da Silva. Vilas Boas observou em sua pesquisa, um crescimento na quantidade de artigos publicados a cada ano em periódicos da área de Ensino de Ciências abordando a temática História e Filosofia da Ciência.

Esse autor realizou uma revisão na literatura a partir do ano de 1996, nas seguintes revistas: *Ciência e Educação*, *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Cadernos de Pesquisa*, *Química Nova na Escola*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* e *Revista Brasileira de História da Ciência* (VILAS BOAS, 2012, p.47). Da análise dessas revistas, o autor apresenta uma taxonomia para artigos que tratem da relevância do uso da HFC no ensino de Ciências para uma compreensão da Natureza da Ciência. Nessa taxonomia, o autor identificou “18 temas condutores de Natureza da Ciência”, os quais são distribuídos em quatro grandes áreas: *Historiografia/História da Ciência*; *Concepções de Ciência*; *Concepções de Natureza da Ciência*; *Ensino de Ciências* (VILAS BOAS, 2012, p.57-67).

No que diz respeito ao presente estudo, o nosso interesse está na área 1 – *Historiografia/História da Ciência* – na qual Vilas Boas (2012) organiza 4 temas condutores de Natureza da Ciência, que são eles: a.) *Compreensão dos modos pelos quais o conhecimento científico foi historicamente construído*; b.) *Guia para a construção de novas narrativas históricas do desenvolvimento da ciência*; c.) *Compreensão da ciência como atividade humana e/ou socialmente construída*; e, d.) *Compreensão da atividade científica como produtora de um conhecimento passível de substituição por outro conhecimento mais abrangente e completo*. Para cada um dos temas organizados nessa área, Vilas Boas (2012) apresenta artigos significativos resultantes da sua análise.

Dois desses temas são relevantes no que diz respeito à nossa pesquisa: o tema A – *Compreensão dos modos pelos quais o conhecimento científico foi historicamente construído* – visto que ele aborda artigos que apresentam elementos que proporcionam algum entendimento da Ciência como sendo um conjunto de conhecimentos que foram construídos ao longo da história, e não simplesmente surgiram abruptamente. Por exemplo: o artigo de Gil-Pérez *et al.* (2001), já citado nesse capítulo, ao apresentar diferentes visões sobre a Ciência e mostrar como cada uma dessas visões concebe o empreendimento científico, acaba por falar também sobre como o conhecimento científico foi historicamente construído.

O outro tema de nosso interesse é o C – *Compreensão da Ciência como atividade humana e/ou socialmente construída* – que agrupa os artigos que afirmam que a Ciência, por ser uma atividade de seres humanos, subjetivos e criativos, que vivem numa sociedade repleta

de valores (éticos, religiosos etc.), regida por regras, que possui um sistema político e econômico que influencia a vida das pessoas, não pode ser considerada uma atividade neutra, uma vez que seus praticantes não o são. Estas características de Natureza da Ciência foram encontradas nos artigos de Gil-Pérez *et al.* (2001); Praia, Gil-Pérez e Vilches. (2007); Silva e Moura (2008), seja apresentando aspectos históricos e/ou filosóficos de seu desenvolvimento (VILAS BOAS, 2012, p.59).

Entretanto, a visão em relação ao uso de abordagens que levam em consideração a História da Ciência no Ensino de Ciências ganha dimensões diferenciadas, visto que “[...] a seleção das fontes e dos materiais, tanto da parte do historiador profissional quanto do professor com interesse na História da Ciência, envolve decisões que não podem ser dissociadas da visão de mundo e das concepções de Ciência do estudioso” (PEDUZZI, 2001, p.154).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências demonstram essa preocupação em relação ao Ensino de Ciências e destacam que:

A História das Ciências também é fonte importante de conhecimentos na área. A história das ideias científicas e a história das relações do ser humano com seu corpo, com os ambientes e com os recursos naturais devem ter lugar no ensino, para que se possa construir com os alunos uma concepção interativa de Ciência e Tecnologia não neutras, contextualizada nas relações entre as sociedades humanas e a natureza. A dimensão histórica pode ser introduzida nas séries iniciais na forma de história dos ambientes e das invenções. Também é possível o professor versar sobre a história das ideias científicas, conteúdo que passa a ser abordado com mais profundidade nas séries finais do ensino fundamental (BRASIL, 2001, p.32).

Matthews (1994) comenta que a inclusão da temática “História e Filosofia da Ciência” no ensino pode ocorrer de dois modos. Um desses modos consiste na inclusão da história com uma abordagem ilustrativa (*add-on approach*) onde o nível não histórico do curso de Ciências é completado com a introdução de episódios históricos específicos em unidades de um curso de Ciências padrão, não histórico. Nesse caso, são citados os cientistas, seus experimentos, conclusões e alguns fatos para explicar o assunto, constituindo-se em uma abordagem cronológica que comumente costuma aparecer no início dos capítulos dos manuais didáticos para chamar a atenção do assunto que será abordado. “Essa abordagem não proporciona ao estudante as possibilidades de desenvolver uma concepção considerada adequada sobre a ciência e o fazer científico” (SHEID, 2006, p.33).

O outro modo é a inclusão da história com uma abordagem integrada (*integrated approach*), compreendida e interpretada a partir de pressupostos filosóficos, para permitir a aproximação de conteúdos geralmente dispersos. Nesse caso, a abordagem da História da

Ciência é integrada dentro do conteúdo das ciências, onde a perspectiva histórica serve de linha condutora de todo o conteúdo científico a ser trabalhado com os estudantes em um dado programa do curso. Desenvolvido dessa forma, o ensino de uma teoria é conduzido de modo a incluir a história do desenvolvimento de suas leis e as dificuldades de sua implementação e não apenas as suas leis. “Essa contextualização torna o ensino mais significativo para o estudante e contribui para uma concepção adequada da natureza da Ciência” (SHEID, 2006, p.34).

Outros autores são importantes para exemplificar a pertinência do emprego da HC nas aulas de ciências.

Segundo Martins (1998), há dois limites para o emprego da HC no ensino: o estudo da História da Ciência deve evitar que se adote uma visão ingênua (ou arrogante) da Ciência, como sendo a ‘verdade’ ou ‘aquilo que foi aprovado’, alguma coisa de eterno e imutável, construída por gênios que nunca cometem erros e eventualmente alguns imbecis que fazem tudo errado. Por outro lado, deve impedir a adoção de uma visão anticientificista de que todo conhecimento nada mais é do que mera opinião, que todas as ideias são equivalentes e que não há motivos para aceitar as concepções científicas (p.18).

Para a inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência nas aulas de ciências, Matthews (1994, p.70) relata que há uma grande diversidade de metodologias de ensino que podem ser utilizadas pelos professores, entre elas, leituras e interpretação de textos, reprodução de experimentos históricos, teatros ou debates de episódios históricos, projetos individuais e em grupo.

Existem na literatura diversas propostas de estratégias concretas, que vão desde o uso de biografias de cientistas, realização de experiências clássicas, análise crítica de artigos originais sobre investigações, leitura e discussão de livros e outros textos de divulgação científica, até ao estudo de casos na história da Ciência (KAUFFMAN, 1989; NIELSEN; THOMSEN, 1990; SOLOMON *et al.*, 1992; entre outros).

Uma das possibilidades muito utilizada, nos dias atuais, são os textos históricos com fins pedagógicos. Em muitos casos, eles pretendem mostrar aos alunos uma Ciência diferente da que, geralmente, é apresentada nos livros didáticos e nas salas de aula. Espera-se que, diante de materiais dessa natureza, o aluno

[...] discuta de onde veio tal ideia, como ela evoluiu até chegar onde está, ou mesmo questione os caminhos que geraram esta evolução, de certa forma, ele nos dá indícios de que reconhece tais conceitos como objeto de construção e não como conhecimentos revelados ou meramente passíveis de transmissão. Buscar razões, pois parece indiciar um comprometimento maior com o que se estuda e se, além

disso, o aluno argumenta, baseando-se em informações históricas (busca o respaldo para o que diz na fala das “autoridades”), além de estar usando a analogia, ferramenta extremamente útil no estudo das ciências, ele está se reconhecendo também como sujeito construtor de saber (NASCIMENTO, 2006, p.53).

Segundo Scheid (2008), o cinema também pode ser um instrumento que possibilita a introdução da História da Ciência na formação inicial dos professores de Ciências Biológicas. Para ela, esse instrumento pode ser utilizado visando desenvolver uma adequada compreensão da natureza da ciência e pode colaborar para a melhoria da educação científica em nosso país, visto que ele oferece importantes possibilidades de estudos na introdução de aspectos de História da Ciência desde a educação básica. De acordo com a autora, alguns filmes podem ser úteis para promover o questionamento de concepções de ciência, sobre a natureza da ciência e introduzir elementos da história e epistemologia das ciências nas aulas, e outros podem ser utilizados para ampliar informações e facilitar a compreensão do processo de produção do conhecimento científico. Assim, por serem atraentes para os jovens estudantes, os filmes podem ser um ótimo recurso didático, quando determinados aspectos são utilizados para propor questões, ampliar informações, motivar o estudo de um tema e facilitar a compreensão de alguns processos (SHEID, 2008).

Conforme Maestrelli e Ferrari (2006), os filmes, mesmo aqueles comerciais, podem contribuir para o ensino de Ciências Biológicas de várias formas, além de melhorar a motivação e a aprendizagem do aluno. Nesse sentido, um filme pode ser utilizado com o intuito de promover e/ou motivar discussões sobre as inquietações e o pensamento científico de um determinado momento da História da Ciência, e se, ao final, esses filmes puderem ser analisados criticamente por especialistas e confrontados com textos, podem se transformar num meio interessante de motivação e formação.

No entanto, Matthews (1995, p.197) ressalta que para a introdução de elementos de HFC no ensino da educação básica ocorrer de maneira adequada, é fundamental que este conhecimento seja abordado em cursos de formação de professores e também em cursos para professores em pleno exercício de atividade, pois somente a inserção de conteúdos de HFC em cursos de formação de docentes não é o suficiente para que a inclusão desse tipo de conhecimento no ensino seja realizada de forma apropriada

Duarte (2004, p.325) argumenta que também é necessário que os cursos de formação fomentem a reflexão sobre a aplicação da HFC no ensino, tais como o desenvolvimento de planos de aulas, métodos de avaliação, entre outros, preparando-os de forma mais adequada para promover a educação científica escolar.

Para Gagliardi (1988), a História da Ciência pode ajudar os professores a alterarem a sua prática tradicional para uma prática que priorize a construção do conhecimento, favorecendo, segundo Giordan e De Vecchi (1996), uma compreensão da produção do conhecimento científico como uma conquista de conhecimentos por aproximações sucessivas através de retificações e múltiplas rupturas.

Zanetic (1988) defende a inserção da História e da Filosofia da Ciência nos cursos de formação, pois, mesmo que os professores não estejam familiarizados ou seguros para realizar uma abordagem de conteúdos com base na História e na Filosofia da Ciência, ela, de alguma forma, “alimentará suas aulas”.

El-Hani (2007) ressalta que, além do incentivo ao ensino de História e Filosofia da Ciência nas propostas curriculares no caso da modalidade, licenciatura em Biologia, devem ser inseridos projetos temáticos que estimulem os alunos a desenvolver pesquisas em torno do tema. Estes projetos temáticos propiciam aos mesmos uma maior noção da natureza científica, além de oportunizar a concepção de trabalhos que contribuam posteriormente para as análises sobre o desenvolvimento científico das Ciências Biológicas.

Nesse sentido, Matthews (1995) afirma que o professor necessita ter conhecimentos da dimensão cultural e histórica de sua disciplina, também precisa, razoavelmente, conhecer a terminologia e estrutura da sua disciplina (causa, lei, explicação, modelo, teoria, fato etc.). Isto facilita a leitura e compreensão de textos da Ciência. Deve saber explicar o porquê das proposições existentes na sua disciplina, compreender os objetivos muitas vezes conflitantes de sua própria disciplina, tais como descrever, controlar, compreender.

Além disso, Höttecke e Silva (2010, p.296) argumentam que os esforços para inserir a HFC no Ensino de Ciências devem considerar, primeiramente, as perspectivas dos professores, seus objetivos de ensino e aprendizagem, assim como sua compreensão epistemológica.

Diante do que foi exposto, observa-se que apesar de existir muitos argumentos favoráveis à inserção de HFC no Ensino de Ciência, ainda há algumas dificuldades para a sua aplicação no contexto escolar. Pesquisadores como Martins (2006, p.22-23) e Martins (2007, p.115) relatam que não há um número suficiente de professores preparados para abordar esse tema em sala de aula e que há pouco material pedagógico adequado.

Dessa forma, além de investir em materiais didáticos apropriados para a utilização de HFC na sala de aula, seria necessário incentivar a utilização desses materiais pelos professores em cada série do ensino (DELIZOICOV; CARNEIRO; DELIZOICOV, 2004, p.457). Höttecke e Silva (2010, p.294) argumentam, ainda, que um dos principais obstáculos

para a inclusão de HFC no ensino é a falta de significado que essa área do conhecimento tem para muitos professores e desenvolvedores do currículo. Dessa maneira, pesquisadores argumentam que é indispensável que os cursos de formação inicial de professores apresentem conteúdos de HFC, uma vez que a formação adequada possibilitaria uma seleção apropriada do material didático a ser utilizado em sala de aula (DUARTE, 2004, p.321).

1.3 A Contextualização de Episódios Históricos no Ensino de Biologia

Conforme Michael Matthews apontou, existe uma crise no Ensino de Ciências e cada vez mais professores buscam formas para tentar superar o “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as aulas de Ciências/Biologia, “onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (MATTHEWS, 1995, p.165). De acordo com Fourez (2003), quando se fala em uma crise nesta área de ensino, ele enfatiza que todos são atingidos por ela, “os alunos, os professores de ciências, os dirigentes da economia, os pais, os cidadãos [...]” (FOUREZ, 2003, p.110).

Em virtude disso têm crescido, nos últimos tempos, pesquisas que visam superar o modelo tradicional de ensino com o intuito de motivar os alunos e dar significado àquilo que é ensinado, pois conforme Carvalho (2000, p.4), atualmente nas ciências, o ensino está reduzido à transmissão de conceitos prontos sem haver, no entanto, uma conexão com a história. Para o autor, a escola tem o papel de dotar as pessoas de “condições teóricas e práticas para que elas utilizem, transformem e compreendam o mundo da forma mais responsável possível” (CARVALHO, 2000, p.4).

No que se refere especificamente ao ensino de Biologia, Krasilchik (2004, p.42) comenta que a sua finalidade, prevista nos currículos escolares, é “desenvolver a capacidade de pensar lógica e criticamente”. Porém, para a autora, esse ideal dificilmente é alcançado, visto que na prática a realidade que se observa nas aulas é a de “um ensino diretivo, autoritário, em que toda iniciativa e oportunidade de discussão dos alunos é coibida, indicando que, na verdade, o que estamos fazendo é apenas transmitindo conhecimentos”. Krasilchik (2004, p.11) entende que o Ensino de Biologia tem ainda, entre outras funções, a de contribuir para que:

Cada indivíduo seja capaz de compreender e aprofundar explicações atualizadas de processos e de conceitos biológicos, a importância da ciência e da tecnologia na vida moderna, enfim, o interesse pelo mundo dos seres vivos. Esses conhecimentos devem contribuir, também, para que o cidadão seja capaz de usar o que aprendeu ao

tomar decisões de interesse individual e coletivo, no contexto de um quadro ético de responsabilidade e respeito que leva em conta o papel do homem na biosfera.

Entretanto, apesar dos avanços científicos e tecnológicos resultantes das transformações sociais dos últimos 60 anos, autores têm observado que “os currículos de Ciências praticamente não mudaram, retratando a prática científica como se fosse separada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana, e como se não possuíssemos uma dimensão histórica e filosófica” (EL-HANI; TAVARES; ROSA, 2005, p.2-3). O ensino continua baseado em nomes complexos e “fórmulas” prontas, como uma transmissão de “produtos” da Ciência.

De acordo com Oliveira (2009), no Ensino de Ciências e, em especial, no Ensino de Biologia, observa-se que as aulas ainda são desenvolvidas, em sua grande maioria, com base apenas nos livros didáticos, “de forma que o conhecimento é apenas “repassado” como algo pronto e acabado, como uma verdade que não necessita mais ser revista” (p.34). A metodologia mais utilizada em sala ainda é aquela centrada no professor, com a maioria das aulas expositivas, com alguns experimentos meramente demonstrativos, conduzindo mais a uma aprendizagem por memorização do que ao desenvolvimento do raciocínio, com uma aprendizagem significativa (OLIVEIRA, 2009, p.34).

Apesar disso, observa-se que a literatura reforça a importância do Ensino de Biologia para os dias atuais, bem como o seu caráter formativo e educativo do qual não podemos prescindir, embora se reconheça que em um país tão diversificado como o nosso, as transformações caminham a passos lentos.

Silva e Oliveira (2013) comentam que uma das grandes falhas do Ensino de Biologia pode ser a não contextualização dos conteúdos, e isto pode ser o responsável pelo alto nível de rejeição do estudo desta ciência por parte dos estudantes, dificultando o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Biologia.

Pensando em alternativas para o enfrentamento do cenário em pauta, os documentos que orientam a nossa educação falam sobre o uso da contextualização na preparação e no uso prático das aulas.

De acordo com as Diretrizes Curriculares (1999), contextualizar o conteúdo nas aulas significa, antes de tudo, assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. O conhecimento trabalhado nas escolas, de modo geral, é realizado pelas vias já conhecidas, ou seja, os livros, o quadro e giz, alguns experimentos e/ou demonstrações em laboratórios – quando existentes, algumas saídas a campo, entre outras, que, segundo as

Diretrizes (1999, p.91), “quase sempre reproduzindo as situações originais nas quais acontece sua produção”.

Nesses mesmos documentos, a contextualização é apresentada como um elemento por meio do qual se pretende atribuir um novo significado ao conhecimento escolar, possibilitando ao aluno uma aprendizagem mais significativa. Nos PCNEM (1999, p.91) encontramos:

O tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade. A contextualização evoca por isso áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural, e mobiliza competências cognitivas já adquiridas.

Segundo os PCNEM (1999), a ideia de utilizar a estratégia de aprendizagem contextualizada nasceu de programas de preparação profissional, sendo levadas posteriormente às salas de aula tradicionais. E complementam que as características dessa estratégia “indicam que a contextualização do conteúdo de ensino é o que efetivamente ocorre no ensino profissional de boa qualidade” (p.93).

De acordo com Santos (2007 *apud* GIASSI, 2009, p.87), a contextualização pode ser vista com os seguintes objetivos:

1) desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; 2) auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência; e, 3) encorajar os alunos a relacionar suas experiências escolares em ciências com problemas do cotidiano.

Com base nesses objetivos, a contextualização pedagógica dos conteúdos científicos pode ser vista com o papel da concretização dos conteúdos curriculares, tornando-os socialmente mais relevantes para os educandos. Mas, para isso, o autor entende que é necessária a articulação na condição de proposta pedagógica, na qual situações reais tenham um papel essencial na interação com os alunos (suas vivências, saberes, concepções), sendo o conhecimento, entre os sujeitos envolvidos, meio ou ferramenta metodológica capaz de dinamizar os processos de construção e negociação de significados. Dessa forma, a ideia de que a Ciência trabalhada nas escolas é fragmentada, descontextualizada, a-histórica, pouco interessante para o aluno e para o professor, pode vir a se transformar em uma Ciência acessível a todos, que venha a ser útil para a vida das pessoas.

Também se encontram nos PCNEM (1999, p.92) justificativas para um ensino contextualizado, e para o caso específico do Ensino de Biologia, vem assim exemplificado: “A adolescente que aprendeu tudo sobre aparelho reprodutivo, mas não entende o que se passa com seu corpo a cada ciclo menstrual, não aprendeu de modo significativo”. Essa relação direta com a vida e o cotidiano do aluno também tem se revelado em várias pesquisas sobre o termo como um dos interferentes mais detectados na compreensão e uso do termo ‘contextualização’ pelos professores (GIASSI, 2009, p.73).

Os PCNEM (1999), ao recomendarem a contextualização como um princípio de organização curricular pretendem, de acordo com seus autores,

[...] facilitar a aplicação da experiência escolar para a compreensão da experiência pessoal em níveis mais sistemáticos e abstratos e o aproveitamento da experiência escolar para facilitar o processo de concreção dos conhecimentos abstratos que a escola trabalha (BRASIL, 1999, p.95-96).

Fica contemplado também, nesses documentos, que a contextualização não deve servir para banalizar os conteúdos das disciplinas, e sim “para ser utilizada como um recurso pedagógico capaz de contribuir para a construção de conhecimentos e de formação de capacidades intelectuais superiores” (GIASSI, 2009, p.75).

A respeito disso observa-se que, muitas vezes, a contextualização no ensino acaba servindo de mera “ilustração, de alegoria”, para que ocorra a aprendizagem do conteúdo (RICARDO, 2005), escondendo as reflexões sobre a complexidade que move o mundo. Entendemos, portanto, que a contextualização assume papel central nos PCNEM (1999) e do mesmo modo também para as escolas e para os professores. Entretanto, apesar da sua importância, o tema ainda é pouco discutido, trabalhado e divulgado entre os professores. Estes, ao se aterem aos PCNEM (1999) acabam reforçando aquela ideia centenária que já é desenvolvida nas escolas, que é a de trazer exemplos da vida dos alunos para ilustrar os conteúdos escolares em suas aulas e interpretarem isso como sendo contextualização.

Machado (2005 *apud* OLIVEIRA, 2009, p.36) enfatiza que a contextualização é uma estratégia fundamental para a construção de significados, pois,

[...] na medida em que se incorporam relações tacitamente percebidas, a contextualização enriquece os canais de comunicação entre a bagagem cultural, quase sempre essencialmente tácita, e as formas explícitas ou explicitáveis de manifestação do conhecimento.

O próprio contexto, como sugere Machado (2005), pode oferecer possibilidades para o envolvimento ativo dos alunos durante o decorrer das aulas, pois seu uso oferece a

possibilidade de uma visão mais sistêmica e interdisciplinar de um dado tópico, possibilita o aparecimento de outros conhecimentos trazidos pelos alunos, como o conhecimento técnico, intuitivo e vivencial, e tende a enriquecer a construção de significados pelos alunos. Desse modo, a ideia de contextualizar os conteúdos possibilita que professores e alunos se encontrem em terrenos motivadores, ao se eleger um contexto para o estudo dos conteúdos disciplinares que possam ser ali desvelados (OLIVEIRA, 2009, p.37).

Nesse sentido, Machado (2005, p.15) sistematizou os contextos em três categorias:

- a) O contexto da vida pessoal e cotidiana do aluno, em toda sua riqueza e complexidade, que inclui de problemas econômicos a questões de convivência pessoal; de sexualidade a relações com o meio ambiente; do mundo do trabalho ao mundo da família; da gestão de vida financeira à gestão do corpo e da saúde.
- b) Ao contexto da sociedade ou do mundo em que o aluno vive também, rico, e complexo, incluindo toda sorte de temas, questões e problemas numa perspectiva globalizada e unificada pelas tecnologias da comunicação e transmissão de informações: políticas, econômicas e no desenvolvimento científico.
- c) Ao contexto do próprio ato da descoberta ou da produção do conhecimento que pode ser produzido ou simulado.

Em cada caso, a contextualização mobiliza diferentes motivações para alcançar o mesmo objetivo:

- a) Contextualizar o conhecimento nas questões presentes na vida do aluno é vivenciar intelectual e efetivamente a relevância do conhecimento para compreender e resolver seus próprios problemas, tomar decisões que afetam a qualidade de sua vida, construir uma visão de mundo e um projeto com identidade própria;
- b) Buscar o significado do conhecimento a partir de contextos do mundo ou da sociedade em geral é levar o aluno a compreender a relevância e aplicar o conhecimento para entender os fatos, tendências, fenômenos e processos que o cercam;
- c) Contextualizar o conhecimento no próprio processo de sua produção é criar condições para que ele experimente a curiosidade e o encantamento da descoberta e a satisfação de construir o conhecimento com autonomia.

Na presente pesquisa, investigamos apenas a terceira categoria – contextualizar os conteúdos ‘ao contexto do próprio ato da descoberta ou da produção do conhecimento que pode ser produzido ou simulado’ – visto que por meio dela podemos efetivamente apreciar os

méritos e, sobretudo, as dificuldades da inserção da História da Ciência no Ensino de Biologia como uma forma de contextualização.

Assim, o uso de uma abordagem em História da Ciência foi utilizado como uma forma de utilização prática da contextualização proposta por Machado (2005), uma vez que, quando os conteúdos são abordados a partir do questionamento sobre sua gênese, quando são estudados visando entender as razões e os motivos que os levaram aos fatos, parece-nos que se tornam mais plausíveis, mais compreensíveis para o entendimento dos alunos. O próprio contexto acaba propiciando um maior entendimento das ideias, pois ele acaba ampliando a possibilidade de referenciá-las.

Quando os alunos discutem a origem dos conceitos ou de um determinado episódio científico e sua transformação ao longo do tempo, eles reconhecem mais facilmente tais conceitos como objetos passíveis de construção. Castro (2009, p.105-106) afirma que ao se buscar o estabelecimento do diálogo entre o presente e o passado, os alunos podem transitar com mais naturalidade por entre as ideias em gestação, visto que eles sentem-se mais autorizados a formular explicações mais fundamentadas, deixando de “se contentar com a mera repetição de definições ou formulações que não são suas, para as quais sequer construíram sentido” (p.106).

Ricardo (2005) chama a atenção para a forma de trabalhar os conteúdos escolares de modo a “amenizar sua descontextualização” e falta de significação. Ele também aponta a História da Ciência como um suporte importante para que se reconheçam os saberes científicos não como um produto acabado, com começo, meio e fim em si mesmos, mas como algo construído pelas pessoas ao longo da história, isto é, pode contribuir para localizar dentro do corpo das teorias científicas o seu contexto histórico de elaboração e não apenas de justificação, os quais caracterizam o chamado saber sábio.

Embora sabendo que os significados que levam à elaboração dos saberes científicos não são os mesmos para cientistas e alunos, para Ricardo (2005, p.203), “a localização histórica da formulação teórica de determinado fenômeno estudado terá sentido dentro do modelo teórico e não necessariamente para o educando”. Entretanto, a compreensão da História da Ciência e dos meandros científicos para a sua elaboração pode vir a contribuir sobremaneira na tarefa do professor em sala de aula, uma vez que o domínio do conhecimento científico hoje não serve apenas para o cientista, mas sim para todo cidadão.

Com essa mesma compreensão, autores como Speltini, Cornejo e Iglesias (2006) advogam que um tema se aprende compreensivamente quando se apreende sua gênese e evolução.

Esta contextualização histórica facilita a reconstrução de uma trama de relações que provêm de sentido e significação aos sistemas conceituais que assimila o estudante; portanto, para os autores, o contexto da descoberta do conhecimento é um fator importante para a aprendizagem dos estudantes. Os autores consideram também como relevante que se explicitem os mecanismos de validação e justificação dos conhecimentos e a forma como são aceitos pela comunidade científica. E nesse viés a reflexão dos docentes da área das Ciências, de acordo com Castilho e Diaz (2006, p.4), deve contemplar a dimensão histórica do conhecimento científico no processo docente educativo. Os autores entendem que os resultados de um trabalho com a História da Ciência são bastante significativos, sendo apreciados por professores e alunos, apresentando “alta carga motivacional e elevado valor educativo”. Por isso se torna uma “eficaz ferramenta no ensino das Ciências” (GIASSI, 2009, p.82).

Autores como Matthews (1995); Ricardo (2005); Peduzzi (2001) e Scheid (2006), também apresentam a História da Ciência como um instrumento importante para a compreensão das Ciências, e como possibilidade de contextualização dos conhecimentos científicos nas escolas; no entanto, eles alertam que existem controvérsias e que os conteúdos científicos tratados apenas num viés histórico não terão, muitas vezes, o efeito que se espera de sua utilização nas escolas.

Nesse sentido, a contextualização dos conteúdos da Ciência envolve muita pesquisa e dedicação, além de reflexões e discussões que permitam evidenciar as diferentes perspectivas e pressupostos implícitos da Ciência, de forma a compreender e entender a sua real natureza. Assim, a História da Ciência pode ser um recurso didático útil, contribuindo para mudar o ensino de Biologia/Ciências na Educação Básica.

Giassi (2009, p.82-83) enfatiza que esse conhecimento histórico é importante, visto que ele proporciona uma forte motivação para a compreensão da Ciência, mas aborda apenas um dos aspectos do que se entende por contextualização, sendo necessário que se contemple, além deles, outras esferas do conhecimento que digam respeito à contemporaneidade, que permitam ao estudante fazer o trânsito entre o conhecimento científico e as peculiaridades do seu contexto de vida. A autora ainda comenta que autores como El-Hani, Tavares e Rosa (2004), ressaltam a necessidade de trazer para as escolas “abordagens contextuais” com o intuito de que elas venham contribuir para a compreensão da Ciência, por parte de alunos e professores. Ela afirma ainda que, na concepção desses autores, a inclusão da História da Ciência nos currículos possibilitaria uma incorporação mais abrangente a respeito de temas antes não tratados nas escolas e podem atribuir às idealizações em Ciência uma dimensão mais humana e compreensível (GIASSI, 2009. p.44).

Como já citado, Martins (2006) defende que uma abordagem em História da Ciência pode e deve ser usada para complementar o ensino de Ciências. Assim, esse autor sugere a

inserção de episódios históricos nos conteúdos trabalhados em sala de aula, pois, de acordo com ele, a análise epistemológica de episódios históricos nas aulas das Ciências Naturais poderá permitir aos alunos uma compreensão das relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (CTS), mostrando que a Ciência faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influência e influenciando muitos aspectos da sociedade.

Estudos com episódios históricos de Biologia e o seu desenvolvimento para o ensino são defendidos como forma de melhoria no processo de ensino e aprendizagem, como, por exemplo, Martins (1998, p.18); Prestes e Caldeira (2009, p.77).

Para Martins (2006, p.18), o estudo de alguns episódios históricos auxilia na compreensão de como ocorre a construção do conhecimento científico, pois os episódios históricos apresentam o trabalho dos cientistas, os processos envolvidos, quais são os seus objetivos, possibilitando a formação de concepções sobre natureza da ciência. A opção por episódios históricos permite, segundo esse mesmo autor, perceber o processo coletivo e gradativo da construção do conhecimento, possibilitando a formação de um espírito crítico e a desmistificação do conhecimento científico (MARTINS, 2006).

Contudo, observa-se que muitos episódios científicos da história são mal interpretados pelos alunos, ou são até mesmo desconhecidos porque, muitas vezes, o professor acaba não passando versões reais dos fatos, e opta por apresentá-los de uma forma mais ampla, que acaba sendo tendenciosa, como, por exemplo, mostrando somente aquilo que “deu certo” e omitindo todo o resto.

De acordo com Oliveira (2009, p.41), uma opção para enfrentar tais obstáculos seria fazendo uso da HFC, visto que ao se fazer uso dessa temática, seria permitido identificar a concepção de Ciência presente nas relações sociais de cada momento histórico, assim como as interferências que tais concepções sofreram e provocaram no processo de construção dos conceitos, uma vez que a Ciência sempre esteve sujeita às interferências e transformações da sociedade, aos valores e ideologias, e às necessidades materiais do homem.

1.4 Algumas Considerações

Diante do que foi exposto, a contextualização e o uso da História da Ciência são apontados pela literatura especializada, como recursos didáticos relevantes para uma aprendizagem mais significativa das disciplinas científicas. Por essa razão, na presente

investigação buscamos investigar as virtudes e as dificuldades da contextualização histórica de um episódio da História da Ciência.

Dentre os vários episódios históricos da Ciência existentes, optamos por fazer uso do controverso episódio referente à descoberta do modelo da dupla hélice do DNA, visto que tal episódio, apesar de estar repleto de complexidades, tem sido mapeado por historiadores e já se possui um quadro bastante definido dos problemas científicos em que a dupla hélice se inseriu historicamente. Além disso, esse episódio tem sido amplamente discutido e trabalhado no nosso grupo de estudos.

Ao longo dessa dissertação, apresentamos que a História da Ciência pode ser usada para complementar o ensino de várias formas, segundo a literatura especializada consultada neste estudo. Mostrar, por exemplo, somente a molécula pronta do DNA, e o nome dos seus criadores, sem relacionar os fatos que os levaram ao resultado nos dão uma falsa impressão de que a Ciência está fora do tempo, que ela surge por meio de magia e que está à parte das outras atividades humanas. O estudo adequado deste mesmo conteúdo, sendo trabalhado de maneira contextualizada, pode permitir compreender as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, mostrando que a Ciência não é isolada, mas sim que ela faz parte de um desenvolvimento humano, sofrendo influência e influenciando aspectos da sociedade (OLIVEIRA, 2009).

Desse modo, para orientar nossa investigação, apresentamos a seguir uma reconstrução da história da descoberta do modelo de dupla hélice do DNA e algumas formas de interpretação a respeito da participação da cientista Rosalind Franklin nessa descoberta.

2 A ESCOLHA DO EPISÓDIO HISTÓRICO

Em abril de 2014, foram celebrados os 61 anos da descoberta da estrutura em dupla hélice do ácido desoxirribonucleico, mais conhecido como DNA. A importância dessa descoberta, que revolucionou a história da Biologia Moderna, reside no fato do DNA ser um composto orgânico cujas moléculas contêm as instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos. Além disso, o DNA tem sido amplamente citado pela mídia em artigos que tratam dos avanços alcançados pelo Projeto Genoma, da biotecnologia, dos testes de paternidade, dos alimentos transgênicos e da clonagem.

O DNA corresponde ao material genético que contém as informações fundamentais para a hereditariedade, sendo responsável pela determinação do fenótipo dos indivíduos. A descoberta da estrutura molecular desse composto representa um marco no desenvolvimento da Biologia dos últimos dois séculos, que teve seu início com a descoberta das leis da herança por Mendel, contribuindo para avanços significativos no melhoramento de organismos vivos e no entendimento de processos biológicos.

Para João Bosco Pesquero, “O sequenciamento completo do genoma humano não seria realidade sem o conhecimento da estrutura do DNA” (ORTIZ, 2003, p.22). Além disso, de acordo com Silva (2010, p. 69), o modelo da estrutura da molécula do DNA impulsionou o programa de pesquisa em genética molecular e, por essa razão, “a dupla hélice do DNA pode ser considerada um marco fundamental para a genética molecular e tem recebido grande atenção por parte dos historiadores da biologia” (SILVA, 2010, p.70).

Sendo essa molécula tão importante para a Biologia, é relevante que se apresente a forma como esse composto e sua estrutura foram descobertos.

Na história da descoberta da estrutura do DNA, é possível perceber vários episódios interligados e que mostram muitos aspectos da produção do conhecimento científico. Nesse contexto, como veremos, existem algumas controvérsias a respeito da participação da cientista Rosalind Elsie Franklin (1920-1958) na construção do modelo helicoidal do DNA. Essa cientista se encontra inserida em uma polêmica a respeito das suas contribuições na construção do modelo da dupla hélice.

Rosalind Franklin foi responsável por desenvolver um trabalho empírico com o DNA, que se constituiu em uma parte extremamente significativa das pesquisas que levaram à compreensão da estrutura do DNA. Entretanto, a história dessa descoberta se apresenta muitas

vezes como sendo um conto de competição e intrigas, descrito de uma maneira por James Watson e Francis Crick – que elaboraram o modelo da dupla hélice – e de outra pelos autores que defendem Franklin como pioneira injustiçada da Biologia Molecular, como Anne Sayre (1975) e Brenda Maddox (2002).

A respeito disso, Silva (2010, p.70) afirma que, apesar do trabalho empírico desenvolvido por Franklin ser considerado fundamental para a construção do modelo do DNA, muitos historiadores e biógrafos a favor da cientista declaram que o trabalho dela não foi merecidamente reconhecido pelos cientistas Watson e Crick.

No que diz respeito ao ensino, o tema “estrutura do DNA” está presente no currículo de Biologia e, sendo ele muito rico, é capaz de contribuir para a construção de um ensino significativo e que contemple aspectos envolvendo uma interação entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade.

Dessa forma, a escolha desse episódio justifica-se pela contribuição que ele pode propiciar à educação como forma de problematização de concepções sobre a origem, a possibilidade e a essência do conhecimento.

Esse episódio também tem sido amplamente mapeado pela comunidade do Ensino de Ciências, pelos trabalhos da professora Neusa Maria John Scheid, como o artigo “A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA” (2005), e se encontra inserido no contexto da produção brasileira relacionada à educação, como o artigo da professora Ana Maria de Andrade Caldeira “O modelo de DNA e a Biologia Molecular: inserção histórica para o Ensino de Biologia”, de 2009.

Na primeira seção do presente capítulo, será apresentada uma síntese da situação histórica do período que antecedeu a construção do modelo da dupla hélice do DNA, sendo essa seção dividida em subseções, onde serão contempladas aquelas orientações que deram origem à descoberta e o crescimento do conhecimento a respeito do DNA. Na segunda seção, serão expostas as etapas relacionadas à descoberta da dupla hélice, bem como a apresentação dos três grupos de cientistas que estavam interessados em investigar o DNA. Ao final da segunda seção, serão abordados os eventos que constituíram a parte final da construção da dupla hélice. Em seguida, na terceira seção, serão apresentados os argumentos referentes ao papel de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice a partir de duas possíveis interpretações: a primeira, segundo uma defesa tradicional de Rosalind Franklin e, a segunda, com base em uma defesa alternativa.

2.1 Apontamentos sobre a História do DNA

A descoberta da estrutura do DNA por James D. Watson e Francis H. Crick se encontra descrita no artigo “*A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid*”, publicado na revista inglesa *Nature*, nº 17, de 25 de abril de 1953.

A partir de agora, veremos que as descobertas e o crescimento do conhecimento a respeito do DNA se deram a partir de quatro orientações: a Citologia, os Raios X, a Química e a Bacteriologia.

De meados do século XVII até por volta do final do século XIX, a invenção do microscópio e de seu aperfeiçoamento com o passar do tempo proporcionou muitas descobertas importantes, pois possibilitou o início de análises de cortes de animais e vegetais com o uso desse instrumento, permitindo que a estrutura celular fosse aos poucos desvendada.

Nesse contexto, em 1838, Theodor Schwann e Mathias Jakob Schleiden haviam chegado à conclusão de que todos os seres vivos eram formados por células, e que essas estruturas seriam as menores porções de matéria viva capazes de realizar as diversas funções que mantêm a vida de um organismo.

Era a primeira vez que se oferecia um caminho para explicar a completa estrutura dos seres vivos a partir das propriedades físico-químicas da matéria. No entanto, eles tinham a concepção equivocada de que o surgimento de novas células se dava a partir de agregação dos núcleos celulares (denominado por eles na época de grânulos), um processo que acreditavam ser regido por forças físicas, essencialmente como ocorre à união de boa parte das moléculas (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.4).

Dessa forma, o núcleo deixou de ser visto apenas como um detalhe anatômico, como pensava Robert Brown em 1831, e passou a ser considerado como uma importante região da célula.

A descoberta² do DNA se inicia, então, por volta do final da década de 1860, com um pesquisador contemporâneo de Mendel, Friedrich Miescher, que anos mais tarde, após as descobertas de Mendel, isolaria a primeira preparação de DNA.

Miescher era de uma família respeitada que fazia parte da elite intelectual da Basileia, na Suíça. Iniciou seus estudos em Medicina, graduando-se em 1868, dedicando sua carreira à pesquisa. Na Universidade de Tubingen, na Alemanha, ele estudou sob a tutela de Felix

² O relato aqui apresentado sobre essa descoberta foi baseado nas colocações de alguns autores, entre eles: Oliveira, Santos e Beltramini (2004), Brody e Brody (1999), Ferreira (2003), Hausmann (2002), Mayr (1998), Silva (2010) e Watson (1987/2003) e sugere a relevância da interação entre os pesquisadores nos avanços científicos e tecnológicos.

Hoppe-Seyler, que estudou e deu nome à hemoglobina, uma proteína responsável pela cor do sangue, além de descrever as interações entre essa proteína e o gás oxigênio.

Nessa época, os cientistas ainda debatiam o conceito de célula e Hoppe-Seyler e sua equipe já eram capazes de isolar moléculas, enquanto Miescher recebera a tarefa de investigar a composição dos linfócitos, os glóbulos brancos do sangue. Miescher isolou um tipo de molécula encontrada no núcleo dos linfócitos que diferia quimicamente de todas as substâncias proteicas conhecidas até o momento e determinou sua composição química. Ele observou que ela era constituída basicamente por oxigênio, carbono, nitrogênio e fósforo e denominou a nova substância de nucleína, pelo fato de estar concentrada no núcleo das células (MAYR,1998).

Embora Miescher tivesse obtido grandes avanços em suas pesquisas e, com isso, concluído grande parte de seu trabalho em 1869, a publicação do artigo com suas descobertas só ocorreu em 1871. Apesar disso, ele continuou envolvido no projeto da nucleína até o fim de sua carreira, sem, no entanto, estabelecer alguma relação dessa molécula com qualquer fenômeno celular (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.3).

Por essa razão, vários cientistas partilhavam opiniões adversas à descoberta de Miescher, opiniões estas que só foram superadas por volta de 1889, quando Richard Altmann (1852-1900) obteve preparações purificadas de nucleica, sem nenhuma contaminação por proteínas. Pelo fato dessa nova substância possuir um caráter ácido, Altmann sugeriu que ela fosse chamada de ácido nucleico (ANDRADE; ANDRADE CALDEIRA, 2009, p.144).

Outro fator de extrema importância que posteriormente viria a contribuir para a descoberta da estrutura do DNA remonta à época da descoberta dos raios X³ pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), em 8 de novembro de 1895.

Além de Roentgen, outros cientistas merecem destaque por suas contribuições para a descoberta do DNA, como o cientista Lawrence Bragg (1890-1971) que, segundo Ferreira (2003, p.42-43):

[...] juntamente com seu pai, William Bragg (1862-1942), inventou, em 1913, um método para determinar a estrutura atômica de cristais, ou seja, a distribuição espacial dos átomos que formam um determinado cristal, o que lhes valeu o Prêmio Nobel de Física em 1915.

³ Com relação às palavras raios X e Raio-X adota-se para esta investigação os conceitos com os seguintes significados (buscado no *Grande Dicionário Sacconi da Língua Portuguesa*) – que indica que Raio-X (obrigatoriamente com hífen) é a fotografia ou o exame feito por meio de raios X. Já raios X (sem hífen) é o nome que se dá à radiação eletromagnética não luminosa, capaz de atravessar quase todos os sólidos e radiografá-los internamente.

Esse trabalho ficou conhecido como Cristalografia de Raio-X, pelo fato dos feixes de raios X serem difratados por um cristal.

Segundo Brody e Brody (1999, p.355), a Cristalografia de Raio-X consiste num “fenômeno no qual os átomos regularmente dispostos da matéria” [...] “difratam, ou espalham os raios X, os quais podem então ser registrados em uma placa fotográfica [...]”. Posteriormente, esses registros fornecem pistas importantes para a configuração dos átomos da matéria.

A radiocristalógrafa Rosalind Franklin foi uma das cientistas que utilizaram essa técnica. Trabalhando em Paris (1947-1950), no *Laboratoire Central des Services Chimiques de L'Etat*, Franklin utilizou a difração dos raios X para desenvolver análises de materiais cristalinos como a grafite. Logo depois, em 1951, ela voltaria à Inglaterra e juntamente com os biofísicos do laboratório do *King's College Medical Research Council* e com seu assistente Raymond Gosling, iniciaria a aplicação de estudos com a difração dos raios X para a determinação da estrutura da molécula do DNA.

Contribuições da Física remontam ainda ao ano de 1935, quando um físico natural da Alemanha, Max Delbruck (1906-1981), “escreveu um trabalho hoje célebre em coautoria com dois outros biólogos, procurando responder por que a radiação de ondas curtas causa mutações no material genético” (BRODY; BRODY, 1999, p.353). Delbruck demonstrou que “a física do próprio átomo determina os processos biológicos mais básicos” (p.354).

Erwin Schrodinger (1887-1961), físico teórico austríaco, em 1944, influenciado pelo trabalho de Delbruck, escreveu o livro *What is life?* (O que é vida?), no qual “ilustrou adicionalmente como a física quântica explica a estabilidade das moléculas na estrutura genética” (BRODY; BRODY, 1999, p.354). “Muitos biólogos, químicos e físicos que leram o livro se encantaram com as especulações de Schrödinger a respeito da natureza química do gene, chamado por ele de sólido aperiódico” (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005, p.225).

O pesquisador Albrecht Kossel (1853-1927) em 1877 juntou-se ao grupo de pesquisa de Hoppe-Seyler, da Universidade de Estrasburgo, na França, e estudou a composição química das nucleínas. Kossel observou dois tipos de bases nitrogenadas já conhecidas, a adenina e a guanina. Em 1893, ele detectou uma nova base nitrogenada, a timina, que era liberada pela degradação de nucleína presente nas células do timo. Logo em seguida, ele também descobriu que a nucleína continha um quarto tipo de base nitrogenada, a qual denominou de citosina. Ainda em 1894, o grupo de pesquisadores liderado por Kossel

descobriu que os ácidos nucleicos continham uma pentose, que era nada mais que um açúcar com cinco átomos de carbono. Essa descoberta conferiu a ele o reconhecimento com o Prêmio Nobel de Fisiologia em 1910.

Nesse contexto, em 1909, um químico natural da Rússia, Phoebus Levene (1869-1940), juntamente com Walter Abraham Jacobs (1883-1967), conseguiu determinar a organização das moléculas de fosfato, de pentose e base nitrogenada no ácido nucleico. Esses três componentes estão unidos entre si formando uma unidade fundamental, o nucleotídeo (OLIVEIRA, 2009, p.48).

A respeito de todas essas pesquisas que estavam sendo feitas com o DNA, até a metade do século XX, pesquisadores acreditavam que as proteínas eram as estruturas responsáveis pela propagação da informação hereditária, uma vez que elas eram as únicas moléculas suficientemente complexas que a comunidade científica julgava necessária para uma função tão importante. Atribuir a natureza química dos genes às proteínas era uma hipótese naturalmente aceitável na época.

Linus Pauling (1901-1994) também merece ser lembrado por seus méritos na caminhada para a descoberta do DNA. Além de ser o químico mais influente do século XX, ele foi o autor da descoberta “de que as cadeias peptídicas das proteínas se enrolam em três tipos de estruturas: hélices α , fitas- β e hélices randômicas” (FERREIRA, 2003, p.48).

Porém, a ideia de que as proteínas eram as estruturas responsáveis pela propagação da informação hereditária foi aceita somente até o ano de 1928, quando o conceito de “transformação” surgiu e lançou as evidências de que o material genético era, na verdade, um ácido nucleico.

Foi em 1929 que Levene, com o auxílio de outros pesquisadores, identificaram outro componente do ácido nucleico das células do timo, as pentoses. Eles então o denominaram de 2-deoxi-D-ribose, pelo fato de ele possuir, no carbono 2 de sua cadeia, um átomo de oxigênio a menos que a ribose, uma pentose já conhecida, encontrada pelos pesquisadores em dois tipos de ácidos nucleicos: o ácido ribonucleico (RNA), ou ribose, e o ácido desoxirribonucleico (DNA), cujo açúcar é a desoxirribose. Levene indicou, ainda, que o DNA sempre continha quantidades iguais das quatro bases nitrogenadas e possuía, portanto, uma estrutura muito simples (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005, p.227).

Erwin Chargaff (1899-1985), um bioquímico austríaco da Universidade de Columbia, Nova Iorque, em 1949, analisou vários exemplares de organismos como bactérias, vertebrados, plantas superiores, entre outros, pelo método da cromatografia desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial. De acordo com Oliveira, Santos e Beltramini (2004, p.8), foi com

base nessa técnica que, em 1951, Chargaff constatou que existe uma relação quantitativa entre as bases nitrogenadas constituintes do DNA dos diferentes seres vivos estudados, onde a quantidade da base púrica adenina (A) era proporcional à base pirimídica timina (T), e o mesmo era observado para guanina (G) e citosina (C).

Segundo Oliveira (2009, p.49),

Essa descoberta foi uma grande pista para a construção do modelo de dupla-hélice do DNA, com duas cadeias de bases emparelhadas (Timina com Adenina e Citosina com Guanina). Essas combinações são conhecidas como Razões de Chargaff, e se tornou a chave para a descoberta da estrutura da molécula do DNA.

O conhecimento de Watson e Crick sobre os dados químicos do trabalho de Chargaff foi a primeira das contribuições essenciais que acabaram levando os dois cientistas a desenvolverem a ideia revolucionária para a construção do modelo helicoidal do DNA (HAUSMANN, 2002, p.76).

Nesse mesmo ano, o médico inglês Frederick Griffith (1877-1941) realizou experiências com bactérias *Pneumococcus*, que são as responsáveis por causar a pneumonia. Ele observou que as bactérias que são envolvidas por uma cobertura de polissacarídeo como proteção, apresentam uma superfície externa lisa (S) e são virulentas, levando à morte. Porém, existem algumas variações dessas bactérias que, por falha metabólica, não produzem este envoltório externo e, por consequência, são menos virulentas, determinando uma aparência externa rugosa (R). A respeito disso, Dawson afirma que:

As formas S são virulentas; elas produzem uma substância solúvel específica, que depende da especificidade do tipo; e elas formam colônias que têm uma superfície lisa quando examinada por luz refletida. As formas R são avirulentas; elas não produzem a substância solúvel específica e formam colônias que têm uma superfície rugosa quando similarmente examinadas (1928 *apud* BATISTELI; ARAUJO; CALUZI, 2008, p.74).

Os experimentos mais decisivos consistiram em injetar, num mesmo camundongo, *Pneumococcus* R vivos e *Pneumococcus* S mortos. Os camundongos então adquiriram a pneumonia letal (oriunda dos *Pneumococcus* S) e morreram. Para sua surpresa, Griffith ainda encontrou nesses hospedeiros várias colônias dos *Pneumococcus* S vivos, concluindo que havia alguma substância nestes que “transformava” os bacilos mais brandos em bacilos fatais. Os pesquisadores contemporâneos de Griffith concluíram que a substância capaz de estimular essa “transformação” deveria ser o material genético dos *Pneumococcus* S, os quais readquiriam sua virulência (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.6).

A respeito disso, Rosa e Silva (2010, p.65) afirmam que “Griffith imaginou a existência de um ‘fator de transformação’, mas não conseguiu explicá-lo”.

Nessa época em que os cientistas começavam a determinar a causa das doenças, o jovem médico canadense Oswald Theodore Avery⁴ se interessava pelo assunto. Em 1907, Avery se integrou ao Laboratório de Hoagland, em Nova Iorque, o primeiro laboratório de pesquisas bacterianas dos Estados Unidos, e realizou trabalhos com aplicações de diferentes métodos químicos e imunológicos. Em 1913, graças a um artigo publicado envolvendo a bactéria causadora da tuberculose, Avery é convidado a trabalhar no Instituto Rockefeller, onde estudaria as bactérias *Pneumococos* até sua aposentadoria, em 1948.

Pouco antes de seu afastamento definitivo, por volta de 1944, um grupo de cientistas sob sua coordenação, com base no experimento de Frederick Griffith, separou moléculas de DNA, RNA, carboidratos e lipídios, realizaram experimentos isolando o “princípio transformante” por um procedimento semelhante ao que se faz atualmente para extrair DNA de amostras.

O que Avery fez foi, então, aplicar uma técnica de fracionamento para aumentar a pureza da substância sob investigação. Em seguida, acrescentou álcool, e o que resultou foi uma substância fibrosa (OLBY, 1974, p.184). Quando essa substância fibrosa foi analisada, ela revelou a presença de fósforo dando uma forte indicação de que o material que explicaria a transformação seria o DNA.

Avery, no meio de suas investigações, acreditava que o princípio transformador não seria nem o açúcar nem as proteínas, e com isso suspeitou que o princípio transformador fosse um dos ácidos nucleicos.

O passo seguinte foi a precipitação dos ácidos nucleicos com álcool e em seguida a dissolução deste precipitado em água. Foi utilizada a enzima RNase e então o RNA foi quebrado; porém, no teste da solução, ela ainda tinha a habilidade de transformação. Com isso, verificou-se que o RNA não era o princípio transformador. E o que restava era o DNA puro. Em seguida, Avery colocou a enzima DNase na solução, e foi exatamente essa solução que não foi mais capaz de transformar a linhagem R em S, verificando-se com isso que o DNA era o agente transformador.

Após isso, foi possível detectar que apenas a amostra contendo DNA foi capaz de transformar as bactérias, conferindo-lhes a patogenicidade. A fração de DNA mantinha sua

⁴ Agradecemos a Prof^a. Dr^a. Maria Julia Corazza pela sua contribuição na descrição a respeito das pesquisas desenvolvidas por Oswald Theodore Avery e colaboradores.

capacidade transformante mesmo quando tratada com diversas enzimas específicas para clivar proteínas (proteases) ou ao ser aquecida. Contudo, o mesmo não acontecia após o tratamento com enzimas específicas para clivar o DNA. Tais dados foram relevantes para evidenciar que o DNA era de fato o “fator de transformação”, responsável pela transformação das bactérias (ROSA; SILVA, 2010, p.65), evidenciando também que era o DNA, e não mais as proteínas, a molécula capaz de transformar bactérias não patogênicas, comprovando o fato de que a informação genética é mesmo armazenada no DNA.

Oito anos mais tarde, a hipótese de que o DNA era o material genético foi reforçada pelo célebre “experimento do liquidificador” de Alfred Hershey e Martha Chase. Neste experimento, foram marcadas duas culturas de vírus que infectam bactérias (fagos): uma com fosfato radioativo (o qual se incorporava ao DNA) e uma com enxofre radioativo que se incorporava às proteínas. Após isso, de acordo com Oliveira, Santos e Beltramini (2004, p.8),

[...] foram incubadas bactérias *E. coli* com os fagos marcados e agitadas as amostras em um liquidificador, de forma que as cápsulas dos fagos fossem separadas das bactérias. Em seguida, as culturas foram centrifugadas para que as cápsulas virais ficassem no sobrenadante e as bactérias no precipitado. Com isso, foi possível uma constatação importante: grande parte do fosfato fora encontrada no precipitado, enquanto a maior parte da fração proteica (contendo enxofre) estava no sobrenadante. Logo, Hershey e Chase concluíram que era justamente o DNA, e não as proteínas, o que penetrava nas bactérias e, por isso, era o agente responsável pela multiplicação viral.

Apesar da comunidade acadêmica em geral da época ainda se mostrar resistente em considerar que o DNA era o composto molecular capaz de armazenar as informações genéticas, o “experimento do liquidificador” de Alfred Hershey e Martha Chase serviu para comprovar a importância do papel desempenhado pelo DNA na hereditariedade.

2.2 Etapas da Construção do Modelo da Dupla Hélice do DNA

Após uma breve retrospectiva dos fatos, vimos que havia condições científicas e institucionais para tornar possível a construção da estrutura do DNA. Nesse contexto, a fim de organizar e aplicar as descobertas da época havia três grupos de cientistas interessados em investigar o DNA, com o intuito de decifrar sua estrutura e, com isso, desvendar o mistério sobre o segredo da vida. Eram eles: o laboratório Cavendish, da Universidade de Cambridge, onde trabalhavam James Watson e Francis Crick; o laboratório do *King's College*, de Londres, onde o grupo de Maurice Wilkins e seus colaboradores – entre eles, destacando-se Rosalind Franklin – realizavam suas pesquisas; e o laboratório do Caltech (*California*

Institute of Technology), em Pasadena, onde trabalhava Linus Pauling (SCHEID; FERRARI, DELIZOICOV, 2005, p.228).

O primeiro grupo é constituído pelos cientistas James Watson e Francis Crick. O primeiro, James Dewey Watson, biólogo americano, em 1951, aos 22 anos saiu dos Estados Unidos e foi fazer um estudo em Copenhague (Ciência e educação), sob a tutela de Herman Kalckar, que até então pesquisava o comportamento dos nucleotídeos, unidades básicas dos ácidos nucleicos. Contudo, a bioquímica tradicional com que se trabalhava na época não o estimulava, de forma que na sua concepção o problema da base química da hereditariedade poderia ser solucionado através de outros recursos.

Por meio de contatos com alguns pesquisadores influentes, Watson conseguiu ser transferido da Dinamarca para o laboratório Cavendish, em Cambridge, sob a tutela de Max Ferdinand Perutz, o qual se dedicava à análise estrutural da hemoglobina por meio da técnica de difração de raios X.

Nesse laboratório aconteceria o encontro decisivo entre Watson e Francis Harry Compton Crick, coautor na publicação científica que aconteceria em 1953. Francis Crick, nascido em Northampton, na Inglaterra, desde muito jovem já demonstrava interesse por assuntos científicos. Formado em física pela *University College* de Londres em 1937, trabalhou como desenhista de minas magnéticas marinhas durante a Segunda Guerra Mundial, dando continuidade ao seu doutorado, sob a orientação de Max Perutz, após 1945. Assim como Watson, Crick mostrava-se muito interessado pela ideia de poder interpretar complexos processos biológicos utilizando ferramentas e métodos das ciências exatas. Nesse sentido, ambos precisariam conhecer um pouco mais sobre as moléculas imprescindíveis à Biologia celular na época, as proteínas.

Por esse motivo, eles procuraram um grupo que reunia os recursos humanos, ideais para o aprofundamento do conhecimento nessa área, visto que Max Perutz, o chefe do laboratório, era um especialista na produção de imagens da hemoglobina via raios X. Mas, como várias dessas imagens eram difíceis de serem analisadas, devido aos seus infundáveis detalhes moleculares, Crick percebeu rapidamente que o problema deveria ser atacado de uma forma mais abrangente, ideia esta que somente era compartilhada por James Watson.

Crick com 35 anos, e Watson com 23, pareciam tomados pelo mesmo pensamento com relação à Biologia Molecular, que era descobrir o mecanismo através do qual os seres vivos perpetuam geneticamente seus caracteres. A partir daí, ambos iniciaram um trabalho conjunto que visava elucidar a estrutura do DNA. Os dois eram uma dupla como tirada de um romance (WATSON, 1968).

Brody e Brody (1999, p.358) afirmam que o interesse de Watson a respeito do DNA havia se originado a partir do desejo sentido por ele, pela primeira vez, no último ano de graduação ao saber o que era o gene.

O primeiro empecilho para Watson e Crick para investigar a elucidação do DNA

[...] era o fato de oficialmente cada um deles já possuir um projeto específico a ser desenvolvido no laboratório, além de precisarem de um bom preparado de DNA com o qual pudessem trabalhar (recurso que na época não lhes era disponível). A saída foi recorrer a diagramas datados de 1938, que continham imagens de raios X do DNA obtidas por William Astbury, o qual também havia utilizado essa técnica produzindo imagens de outros materiais. Embora tais imagens não fornecessem detalhes suficientes do arranjo molecular do DNA, era possível perceber certo empilhamento dos nucleotídeos, evidenciado pela distância periódica de 3,4 Å entre eles (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.10).

Por ocasião de um congresso ocorrido em Nápoles, na Itália, sobre a estrutura de macromoléculas, Watson observou as imagens de difração de Raio-X de uma amostra de DNA pela primeira vez, o que lhe revelou certa regularidade desse ácido nucleico e o fez perceber que o material genético poderia ser analisado de forma racional (HAUSMANN, 2002, p.71).

Hausmann (2002, p.71) afirma sobre esse fato que, para Watson, o “DNA demonstrava ter elementos estruturais regulares, analisáveis”. E que “genes eram – pelo menos em determinadas regiões – analisáveis estruturalmente”. O conferencista deste evento era um físico chamado Maurice Wilkins, professor do *King's College*, de Londres. Nesse laboratório trabalhava o segundo grupo que desenvolvia trabalhos relacionados com o DNA.

Nessa época, o conferencista Maurice Hugh Frederick Wilkins (1918-2004) era um físico nuclear neozelandês, que havia feito seu doutorado com John Randall, na Universidade de Birmingham, e que havia participado, durante a Segunda Guerra Mundial, do aperfeiçoamento do radar, com o próprio Randall, e do projeto que viabilizou a bomba atômica, em Berkeley, EUA.

Finalizada a guerra, buscando uma área de pesquisa mais positiva, Wilkins começou a estudar, em 1946, a estrutura do DNA no *King's College*, da Universidade de Londres, sob a direção de John Randall. No início ele trabalhava com microscopia e seu interesse pela Biologia surgiu após a leitura do livro de Erwin Schrödinger, *What is life? (Que é a Vida?)*. Wilkins havia obtido um preparado de DNA de ótima qualidade extraído do timo de bezerros e, por acaso, pôde verificar que apareciam longos filamentos distendidos quando se tocava a solução viscosa de DNA com um bastão. A partir deste material foram tiradas as melhores

fotos daquele período, mas que ainda não possibilitavam sentenciar qual era a estrutura do DNA.

Watson tinha intenção de trabalhar com Wilkins, porém não teve a oportunidade de conversar com ele.

Nessa época, Sir John Randall contrata para trabalhar no laboratório do *King's College* uma experiente radiocristalógrafa chamada Rosalind Elsie Franklin, que recentemente havia trabalhado em Paris, na análise de raios X da estrutura do grafite (HAUSMANN, 2002, p.73). Segundo Oliveira (2009, p.52), Rosalind era “uma pesquisadora de natureza nada serena” [...] “de semblante austero e extremamente racionalista”.

Segundo Silva (2010, p.370), ao chegar ao King's em 1951, Rosalind Franklin ministrava um curso “ao programa de investigação de organismos (especialmente o DNA) a partir da cristalografia de Raio-X, um programa de investigação que já contava, no King's, com as contribuições de outros físicos, como Maurice Wilkins”.

No entanto, no momento da sua contratação, Rosalind entendeu que Sir John Randall lhe entregava nas mãos a missão de analisar o arranjo espacial da molécula do DNA por meio da difração de raios X.

Entretanto, Wilkins achou que Franklin havia sido contratada para ser sua assistente na realização das difrações de raios X, pois ele tinha pouca experiência nessa técnica. Tal situação fez surgir um conflito entre ambos. Eles não se entendiam bem, “não havendo comunicação satisfatória entre eles, nem no nível científico, nem no nível pessoal” (HAUSMANN, 2002, p.73).

Paralelo a esses fatos, Linus Pauling, que trabalhava no Caltech – Instituto de Tecnologia da Califórnia em Pasadena, Estados Unidos, fazia parte do terceiro grupo interessado em desvendar a estrutura do DNA. Após a sua descoberta de que as cadeias peptídicas das proteínas se enrolavam em três tipos de estruturas: hélices α , fitas β e hélices randômicas, como já citado acima, e após o impacto causado pela descoberta da sua α -hélice⁵ (uma vez que até o momento acreditava-se que as proteínas eram esticadas), Pauling também se confrontava com o problema da estrutura do DNA. Entretanto, para ele o DNA seria apenas mais uma biomolécula importante na maquinaria celular, não atentando para sua função primordial que seria a transmissão das informações genéticas.

⁵ As hélices α não se desenrolam porque são mantidas em posição por *ligação de hidrogênio*. Nessa classe de ligações químicas, um átomo de hidrogênio, H, liga-se a dois átomos de oxigênio, ou a um de oxigênio e outro de hidrogênio (FERREIRA, 2010, p.48).

Assim como Crick e Watson, Pauling não dispunha de bons preparados de DNA, nem da técnica necessária para a análise deste material. Também teve seu trabalho limitado aos diagramas de Astbury. Ele e seu amigo Robert Corey aventuraram-se, então, à produção de um modelo estrutural.

Cientes desta pesquisa paralela, Watson e Crick receram pela perda do reconhecimento da tão sonhada descoberta, pois através do filho de Linus, Peter Pauling, eles ficaram sabendo do trabalho de Pauling com o DNA e, também, que um manuscrito já estava sendo preparado.

No entanto, após ler a cópia do trabalho realizado por Pauling, a dupla percebeu que apesar de estar de acordo com as antigas imagens de Astbury e ser uma estrutura concebível em três dimensões, aquele modelo não era capaz de explicar a relação do DNA com os genes.

Segundo o modelo de Pauling, o DNA seria formado por três filamentos de polinucleotídeos enroscados entre si, estando o eixo de açúcar-fosfato no meio e as bases nitrogenadas livres na parte externa. Particularmente, essa última característica demonstrava-se um tanto incoerente, pois as bases na periferia prediziam a um ácido, características básicas, além de que se os fosfatos ocupassem o interior da molécula, haveria incompatibilidade (repulsão) entre as suas cargas (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.12).

Ainda, o modelo de Pauling também não apresentava a proporção quantitativa entre as bases nitrogenadas: timina e adenina, nem entre as bases guanina e citosina. Mesmo assim, a publicação de Pauling teria uma certa relevância, que poderia vir a comprometer o mérito da descoberta tão almejada por Watson e Crick. Porém, essas informações a respeito de Pauling acabaram dando-lhes motivação e impulso para a retomada de suas pesquisas sobre o DNA.

Watson, no dia 21 de novembro de 1951, teve acesso a informações empíricas relacionadas aos diagramas das difrações de raios X de Rosalind em um seminário apresentado por ela sobre os resultados da investigação que ela fazia com seu assistente Raymond Gosling. Nesses diagramas eram encontradas boas indicações das dimensões da molécula de DNA. Para Rosalind, as bases se colocavam fora da estrutura, e esta estrutura helicoidal podia ter até quatro cadeias, porém as bases nunca iriam se ligar às cadeias, ainda que estas bases estivessem do lado de fora da estrutura.

Apesar de essas informações terem sido reunidas de forma incompleta e pouco criteriosa por Watson, elas viabilizaram a construção do primeiro modelo apresentado pela dupla Watson e Crick no dia 27 de novembro do mesmo ano. Eles criaram o modelo em torno da estrutura central de três hélices e apresentaram aos colegas do *King's College*.

No entanto, essa iniciativa resultou em um grande infortúnio, uma vez que o modelo apresentado fracassara, pois após construir o modelo, a dupla também convidou Wilkins para ver a nova estrutura e, para a surpresa da dupla, ele veio acompanhado por Rosalind e seu assistente Raymond Gosling. Em meio a essa visita, Rosalind questionou: Onde estão as moléculas de água?

Watson e Crick se calaram, pois não sabiam responder à questão levantada. Por falta de conhecimento ou por descuido, Watson interpretou os dados de Rosalind de forma errônea com relação ao teor de água presente na molécula. Já era conhecido na época que a molécula do DNA precisava de 10 vezes mais água do que Watson e Crick haviam sugerido para a construção do modelo, pois desse modo as bases teriam que ficar do lado de fora e não do lado de dentro como eles imaginaram. Rosalind então ignorou o novo modelo recém-construído.

Após isso, Rosalind deixou claro que ficou muito irritada com a ousadia de Watson e Crick de tentarem construir um modelo de DNA com base em suas descobertas (BRODY; BRODY, 1999, p.334).

Após a humilhação de dezembro de 1951, “o Diretor do Cavendish, Sir Lawrence Bragg, determina que Crick e Watson parem de investigar o DNA, no que é apenas em parte atendido, pois eles continuam a especular discretamente a respeito da molécula” (SILVA, 2010, p.74). Essa medida obrigava os cientistas a se dedicarem aos seus trabalhos de doutorado. Crick então se voltava à estrutura da hemoglobina e Watson à sua análise por difração de raios X do vírus do mosaico do tabaco.

Um fato interessante nessa história é que Peter Pauling, filho de Linus Pauling, foi trabalhar junto com Watson e Crick no Cavendish. Um determinado dia, no meio de uma conversa, Peter revelou aos dois pesquisadores um negativo de um raio-X que ele havia tirado do DNA, e que pertencia ao trabalho de seu pai. Segundo Brody e Brody (1999, p.360), as palavras de Watson foram: [...] no momento que vi o negativo ainda úmido contra a luz, eu soube que tínhamos conseguido... [...]. E Crick, por sua formação acadêmica, um físico, em fração de segundos confirmou suas suspeitas de que o DNA possuía uma configuração helicoidal e não linear.

Nesse contexto, como Pauling na Califórnia também tinha se apoderado do tema, era só uma questão de tempo para que ele percebesse o erro na construção do seu modelo e intensificasse seu ritmo de trabalho a fim de descobrir a estrutura certa (BRODY; BRODY, 1999, p.361). Assim, Watson e Crick apresentam seus argumentos a Bragg e afirmam que nesse momento “era essencial que eles retomassem a pleno vapor os trabalhos com o DNA,

para chegar antes dos cientistas do outro lado do Atlântico” (BRODY; BRODY, 1999, p.361-362). A proibição imposta em relação ao trabalho dos dois a respeito do trabalho com o DNA foi então reconsiderada.

Brody e Brody (1999, p.362) afirmam que Watson e Crick “calcularam que tinham seis semanas antes de Pauling dar-se conta dos erros que cometera na teoria das três cadeias”. A princípio, eles então se fixaram nas informações químicas obtidas por Chargaff sobre a proporcionalidade das bases nitrogenadas, e por Alexander Todd, acerca das ligações fosfodiésteres. Como Watson e Crick não conheciam as fórmulas químicas das bases nitrogenadas foi preciso que o químico estadunidense Jerry Donohue, em uma visita ao laboratório Cavendish, partilhasse de sua experiência obtida no Caltech, onde fora orientado por Linus Pauling, ensinando-lhes as fórmulas corretas.

O outro ponto de grande interesse foi o trabalho com difração de raios X do DNA desenvolvido por Rosalind Franklin. Ela conseguiu imagens muito melhores do DNA em 1952, com a ajuda de seu assistente Raymond Gosling. Essa imagem identificada como Foto 51, mostrava claramente a forma definitiva do DNA – sendo ela helicoidal.

Essa imagem contribuiu de forma crucial para a solução da estrutura do DNA por demonstrar a existência de dois estados da molécula, sendo eles A ou B, dependendo do grau de umidade. A evidência produzida por Franklin da forma B, por definir as condições de transição dos estados A e B e sugerir que os grupos fosfatos se situavam externamente à molécula, as imagens forneciam boas pistas sobre o arranjo tridimensional atômico dos agregados cristalinos de DNA, mas, apesar disso, não ofereciam dados conclusivos.

No início de 1953, Linus Pauling também estava próximo de desvendar a estrutura do DNA. Entretanto, de acordo com Silva (2010, p.74), em parceria com Robert Corey, Pauling postou um artigo para o *Proceedings of the National Academy of Sciences* com uma estrutura para o DNA apresentando uma tripla hélice “e, diferentemente do que se pensava, com os grupos de fosfato dentro da estrutura. Pauling estava errado, pois, como vimos, os grupos de fosfato deveriam estar na parte externa da estrutura”.

Foi então que, ao final de janeiro de 1953, Watson, em uma visita ao laboratório do *King's College*, discute com Rosalind Franklin sobre suas ideias a respeito do DNA. Porém, como não obteve sucesso nessa discussão, logo após essa conversa com Franklin, Watson se encontra com Wilkins, que acaba lhe mostrando uma cópia da evidência produzida por Franklin em maio de 1952 (SILVA, 2010, p.74).

Esse fato motivou novamente Watson a se encontrar com Crick e tentar convencê-lo a construir um novo modelo, pois através da imagem de Rosalind ele afirmava ter enxergado claramente um padrão helicoidal na estrutura do DNA.

“Franklin era demasiadamente cuidadosa e cética, características que não a motivaram a engendrar teorias no campo da Biologia” (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.13). Entretanto, segundo os autores acima citados,

[...] isso não significava que suas descrições do DNA estavam totalmente disponíveis, haja vista seu desapontamento com Max Perutz quando este, sem consultá-la, forneceu seu relatório para a apreciação de Crick e Watson. Nele havia informações sobre o diâmetro da espiral (20 Å), a distância de 3,4 Å entre as bases dispostas paralelamente ao eixo helicoidal, o valor da altura de um giro da espiral cristalizada (34 Å) e a informação de que se o eixo da molécula sofresse um giro de 180°, a imagem evidenciada pela difração seria a mesma. Além disso, como havia sido exposto no seminário ocorrido no final de 1951, a densidade do material indicava haver mais de uma cadeia peptídica formando a molécula (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.13).

Um aspecto considerado decisivo nessa “corrida” para a descoberta do DNA foi a criação de modelos representativos da molécula de DNA por Watson e Crick, estratégia influenciada por Linus Pauling, o qual utilizou modelos de papel para desvendar a estrutura em alfa-hélice de polipeptídios. O método consistia na construção de objetos feitos de papel ou arame, cujas dimensões e formas procuravam simular a disposição dos átomos e os ângulos das ligações encontradas, trazendo a vantagem de se poder manipular qualquer estrutura tridimensional.

A escolha do trabalho manual, em detrimento do esforço intelectual, era frequentemente ironizada por muitos cientistas, sabendo-se que *a priori* era possível calcular matematicamente todas as coordenadas de um modelo. Com efeito, a eficácia dos modelos se revelava quando, ganhando a forma desejada, estes apontavam erros em cálculos que levavam meses para elucidar estruturas moleculares (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004, p.13).

Entretanto, como a encomenda dos modelos de arame demorava a ser entregue pela oficina do instituto, Watson e Crick, em 28 de fevereiro de 1953, fizeram protótipos de modelos das bases por meio de recortes de papel e, detidos pelo interesse nesses recortes, perceberam que a figura de G moldava-se à figura de C, assim como a de A se adaptava precisamente à de T, além dos pares evidenciarem perfis muito parecidos.

Após a entrega dos modelos de arame, Crick e Watson iniciaram a construção de um modelo molecular que atingiria dois metros de altura, mostrando duas cadeias

polinucleotídicas antiparalelas ligadas por pontes de hidrogênio e dispostas de forma helicoidal.

Sendo autoexplicativa, a estrutura concebida mostrava de forma compreensível que o DNA era realmente o verdadeiro transmissor das informações genéticas, em oposição à ideia de que as proteínas possuíam essa função. A satisfação e a sensação de vitória tomou conta de Watson e Crick, que anunciaram para todos que eles teriam descoberto o “segredo da vida”.

Em 1953, eles exibiram orgulhosamente o modelo⁶ para toda a comunidade científica; e nesse mesmo ano, em 25 de abril, eles conseguiram a publicação mais importante da Biologia do século passado, um artigo na revista *Nature* que tinha como início: “Queremos sugerir uma estrutura para o sal do ácido desoxirribonucleico. Essa estrutura possui novas características que despertam um interesse biológico considerável”. Assim começava a publicação do artigo de apenas duas páginas, contendo menos de 1.000 palavras e seis citações bibliográficas, na qual Watson e Crick apresentaram o modelo estrutural da dupla hélice do DNA.

Além de apresentar a estrutura do DNA, Watson e Crick destacam: “Não nos passou despercebido que o pareamento específico (entre as bases), por nós postulado logo a seguir, sugere a possibilidade de cópia para o material genético” (WATSON; CRICK, 1953, p.737). No mesmo ano (1953), Watson e Crick registraram, em outro artigo, hipóteses sobre as consequências da descoberta para a Genética, conjecturando, por exemplo, que as mutações ocorridas nos genes eram devido aos erros de pareamento entre as bases nitrogenadas.

Veremos adiante, mais informações a respeito da importância da questão do DNA para a Genética.

Segundo Oliveira, Santos e Beltramini (2004, p.13),

Naquela época, a publicação destes trabalhos não teve um impacto significativo sobre a comunidade científica. Prova disso é que a estrutura espacial, proposta por Watson e Crick, foi citada sumariamente nos artigos de revisão sobre ácidos nucleicos de forma descontextualizada, no meio ou no fim dos textos. Anos mais tarde, a extensão e profundidade da descoberta seriam finalmente reconhecidas, fato que se deve muito à colaboração de Max Delbrück, pesquisador que difundia tais artigos em vários simpósios. O próprio Delbrück, que se interessava por assuntos nessa área, admitiu que os próximos resultados em Biologia Molecular, por mais

⁶ A estrutura do DNA proposta por Watson e Crick apresenta duas cadeias de fosfato-desoxirribose em hélice, no exterior, unidas por duas bases aminadas, no centro. As cadeias formam uma hélice similar a uma escada de caracol, e as bases são os degraus. Nota-se, ainda, que a timina (T) se liga sempre à adenina (A), e a citosina (C) se liga sempre à guanina (G). Conforme esse emparelhamento, a sequência apresentada por um filamento de DNA determina a sequência obrigatória do outro. Se em um filamento as bases estiverem dispostas na sequência ATGGACCT, no outro filamento a sequência deverá ser TACCTGGA, sendo que os dois filamentos não são idênticos, e sim complementares. Ainda, a distância entre as cadeias é de 20 Angström, e a estrutura se repete a cada 10 pares de nucleotídeos, cada um com 34 Angström (um Angström equivale a 0,1 μm).

interessantes que fossem, seriam apenas detalhes derivados da fundamental descoberta da dupla-hélice.

Apesar de o homem ter avançado muito no campo do conhecimento, um dos grandes desafios dos cientistas ainda é compreender o mecanismo exato da vida. A célebre publicação de 1953 na revista “*Nature*”, sobre a elucidação da estrutura do DNA como sendo a responsável pela hereditariedade, conduziu a uma explosão do conhecimento desta nova área que surgia, a Biologia Molecular, validando a visão de que os seres vivos são sistemas altamente organizados, compostos por células que, por sua vez, são compostas por moléculas e são frutos de um longo processo de evolução.

O sequenciamento, o isolamento, a clonagem de genes, a organização e a detecção de alterações do genoma, o desenvolvimento de organismos transgênicos, o isolamento e purificação de outras biomoléculas e determinação da estrutura de proteínas representam algumas das inúmeras questões que só foram detectadas e/ou esclarecidas através de metodologias que esta ciência desenvolveu com o intuito de desvendar a vida e aperfeiçoá-la, e que vieram impulsionar as pesquisas de várias outras áreas do conhecimento. Dessa forma, a Biologia Molecular nasceu influenciada pelos avanços da Genética e da Bioquímica, sugerindo que esta deverá ser, em potencial, a principal Ciência do século XXI.

2.3 Rosalind Franklin e o seu Papel na Construção do Modelo da Dupla Hélice

Como vimos, a participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA sugere algumas interpretações. Apresentaremos a seguir duas possíveis interpretações a respeito desse episódio histórico.

2.3.1 Defesa tradicional de Rosalind Franklin

Rosalind Elsie Franklin (1920-1958), proveniente de uma família judia da Inglaterra, fez seu doutorado em Cambridge e trabalhou nas mudanças estruturais do carbono. Ainda, estudou difração de raios X em Paris, com Jacques Méring, para aplicar no estudo de matéria imperfeitamente cristalina, como o carbono. Em 1951, John Randall contratou-a para trabalhar no laboratório do *King's College* no estudo da estrutura do DNA mediante a difração de raios X, sem mencionar que Wilkins já estava trabalhando com o mesmo

composto. A partir de então, Franklin passou a trabalhar no mesmo laboratório, no mesmo assunto, de forma independente, o que acabou gerando alguns desentendimentos.

Ela acreditava que iria trabalhar sozinha com o DNA, com a ajuda de seu assistente Raymond Gosling, e Wilkins entendia que ela havia sido contratada para ser a sua assistente. Durante os primeiros meses não houve problemas, mas, depois, Rosalind não conseguia entender por que Wilkins continuava pesquisando o DNA e, a partir daí surgiram as desavenças.

A porcentagem de mulheres que trabalhavam no *King's College* não chegava a 25%. O ambiente era muito anglicano, em 1953, e a Faculdade de Teologia era a mais importante. Como mulher e judia, Rosalind teve certamente dificuldades de aceitação. E embora pareça difícil acreditar hoje, naquela época existia, no *King's College*, um refeitório misto e outro exclusivo para homens.

Segundo Acot (2003), às mulheres da época não era permitido ocupar a “alta cátedra” reservada aos professores. Além disso, os colégios de Cambridge não eram mistos quando ela os cursara: *Newham College*, onde havia estudado física e química, era uma faculdade apenas para mulheres.

Ora, apesar dessas dificuldades, ela fez duas descobertas importantíssimas para a História da Ciência. Segundo o próprio Maurice Wilkins, em suas pesquisas Rosalind Franklin encontrara a maneira de medir a quantidade de água e a densidade das fibras de DNA. Ela descobriu que o DNA fornecido por Signer apresentava-se sob duas formas: uma, pouco hidratada, com 72% de umidade, que foi denominada de DNA-A, e outra, hidratada, com 92%, denominada de DNA-B. O DNA-A hidratava-se, passando à forma B, e as fibras estendiam-se cerca de 30%.

Em 1952, Franklin também obteve imagens de raios X da forma B. A imagem mais célebre ficou conhecida como Foto 51. Essa famosa imagem se constituiu em boa parte das provas necessárias para revelar a estrutura do DNA. Entretanto, apesar dessas relevantes descobertas, Ferreira (2003, p.58) afirma que:

Talvez por ser mulher, em uma época na qual os preconceitos eram ainda maiores do que nos dias de hoje, talvez devido a seu gênio retraído, à sua acentuada timidez, Rosalind Franklin não teve seu trabalho inicial sobre o DNA tão reconhecido quanto merecia.

Como vimos, a descoberta dessas imagens foi uma das contribuições decisivas para o desenvolvimento da ideia revolucionária de Watson e Crick. Entretanto, eles obtiveram acesso aos dados experimentais sem o conhecimento de Rosalind (MADDOX, 2002, p.212; PIPER

1998, p.154; SAYRE, 1975, p.167). Isso se deu em janeiro de 1953, e foi o próprio assistente de Rosalind, Gosling, que entregou uma cópia da Foto 51 a Wilkins e este a mostrou a Watson.

De acordo com Wilkins, a Foto 51 era muito mais clara e mais nítida que as anteriores. Watson percebeu claramente que o DNA somente podia ter uma estrutura helicoidal de duas cadeias, com as ligações fosfato-desoxirribose na parte externa.

Como se não bastasse isso, em fevereiro de 1953, Max Perutz mostrou a Watson e a Crick uma cópia do relatório do *Medical Research Council*, resumindo o trabalho dos principais pesquisadores, incluindo o de Rosalind Franklin, que apresentava medidas detalhadas da estrutura do DNA. Finalmente todos eles estavam trabalhando para o *Medical Research Council*. Max Perutz, como bom administrador de pesquisa, encarregou-se de reciclar a informação disponível para que houvesse bom aproveitamento dos avanços que estavam sendo realizados.

Em virtude desses acontecimentos, segundo Silva (2007, p.299), fica evidente que pelo fato de Watson e Crick terem tido acesso aos dados experimentais sem o conhecimento de Franklin, sem a posse dessas informações, a dupla dificilmente teria chegado à conclusão de que o DNA poderia ser representado por meio de uma estrutura em dupla hélice. Com base nisso, “como Rosalind estava bastante próxima de chegar a esta conclusão, pode-se questionar boa parte do mérito de Watson e Crick em sua realização científica” (SILVA, 2007, p.299).

Seguiu-se daí uma série de manobras que minimizaram a contribuição de Franklin. E em virtude disso, muitos historiadores defendem a ideia de que Rosalind deveria receber uma consideração histórica mais generosa com relação à descoberta da estrutura da dupla hélice do DNA, “uma vez que a obtenção” dos dados empíricos fundamentais para a dupla hélice exigiu dela a produção de um sofisticado trabalho experimental, sobretudo por sua descoberta de que o DNA se apresentava sob duas formas, por ela denominadas de “forma A” e “forma B” (SILVA, 2007, p.298).

Entretanto, a dupla Watson e Crick escreveu um artigo sobre a descoberta da dupla hélice para a revista “*Nature*”. Wilkins também quis ter crédito e escreveu um texto sobre DNA para a mesma edição, sem mencionar o trabalho de Franklin. Nesse meio tempo, Franklin e Gosling também finalizaram um artigo, incluído no mesmo número. Sem saber que a descoberta de Watson e Crick partira de sua foto 51, Franklin, na inocência, chegou a escrever que suas “ideias gerais” eram coerentes com o modelo deles.

Três anos depois, em agosto de 1956, Rosalind Franklin foi diagnosticada com um câncer de ovário e veio a falecer em abril de 1958.

Percebemos que por conta de toda produção experimental realizada por Rosalind Franklin e em virtude da importância atribuída ao seu trabalho sobre o DNA, ela deve ser lembrada na História na Ciência.

2.3.2 Defesa alternativa de Rosalind Franklin

Mas, se Rosalind dispunha de dados empíricos fundamentais para a construção do modelo de dupla hélice do DNA, por qual motivo ela mesma não decifrou a estrutura molecular do DNA?

A resposta para tal questão, bem como a defesa aqui apresentada são fundamentadas na colocação do autor Marcos Rodrigues da Silva em seu artigo: *As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice*, publicado em 2010 na revista *Scientiae Studia*. Silva, por sua vez, se baseou nos trabalhos de Morange (1998), Olby (1974), Creager (2008) e Selya (2003).

Rosalind Franklin desenvolvia um trabalho empírico com o DNA, trabalho esse que se fez fundamental para a construção do modelo que viria a ser uma das maiores obras que compõem o patrimônio da ciência. Porém, muitos historiadores e biógrafos a favor de Rosalind acreditam que a cientista não recebeu o devido reconhecimento por Watson e Crick na construção do modelo, seu papel no episódio teria ficado minimizado ou, até mesmo, à margem da história (SILVA, 2010, p.70).

Historiadores e biógrafos como Anne Sayre (1975) e Brenda Maddox (2002) dedicaram suas obras a fim de resgatar a memória científica de Rosalind Franklin e ambas compartilharam a defesa da pesquisadora, segundo o argumento de que Franklin deveria merecer um reconhecimento maior por sua contribuição para a construção do modelo, uma vez que os dados empíricos fundamentais para a construção da dupla hélice foram obtidos por ela (SILVA, 2010, p.70).

Ao se analisar a argumentação das autoras, dificilmente não se acredita e assume essa linha de defesa a Rosalind, porém, de acordo com Silva (2010, p.70), o que se deve levar em consideração é o que o argumento traz de maneira implícita, onde o ponto real da discussão se concentra em “determinar a extensão da contribuição de Rosalind Franklin à construção do modelo da dupla hélice”.

Entretanto, em relação a essa discussão, Silva (2010, p.70) enfoca que, para Franklin, o significado de “dupla hélice” se restringia a algo como “a possível estrutura molecular de ao

menos uma forma do DNA”. Ainda, segundo Hausmann (2002, p.77), Franklin não estava interessada em desvendar o segredo dos genes. Já para Watson e Crick, “dupla hélice” era algo próximo de “a possível estrutura molecular do DNA, estrutura que deveria ser o ponto de partida para uma explicação de fenômenos de transferência de informações genéticas” (SILVA, 2010, p.71).

A partir do que foi exposto, observa-se com clareza que os cientistas, Franklin, Watson e Crick, não possuíam os mesmos objetivos científicos para a realização de suas pesquisas. Enquanto ela pesquisava a estrutura em si, os outros dois se preocupavam com o que essa estrutura representaria, que ligação ela teria com o funcionamento dos genes, qual seria a função dessa estrutura para a Genética. E para reforçar essa tese, ao final do artigo de Watson e Crick é apresentado que: “Não nos passou despercebido que o pareamento específico que postulamos sugere imediatamente um possível mecanismo de cópia para o material genético” (WATSON; CRICK, 1953, p.737).

Porém, as discussões não param por aí, James Watson lança uma autobiografia, *The double-helix*, onde ele conta sua versão do episódio. Segundo ele, Rosalind é uma vilã, e ele e seu companheiro Crick são os heróis da história, tendo ainda Wilkins como personagem secundário. Watson deixa claro em sua autobiografia, sua indignação por Franklin não ter enxergado em suas próprias evidências, aquilo que ele e Crick facilmente enxergaram ao olhar as evidências dela (SILVA, 2010, p.77-78).

A respeito dessa obra, Silva (2010, p.78) citando Watson (1997), afirma que existem passagens das críticas feitas por Watson a Franklin, como: “Ela não consegue perceber que a forma helicoidal é evidente (p.79), não admite a importância da construção de modelos (p.62), está comprometida com seu método experimental (p.61) etc.”. Além disso, há inferências a respeito do comportamento psicológico de Franklin (p.61) sobre suas opções indumentárias (p.61) etc.

Além dele, Crick também tentou desqualificar as credenciais utilizadas por Franklin, afirmando que ela havia utilizado o método errado e não conseguia interpretar suas próprias evidências (SILVA, 2010, p.78).

Apesar de todas as discussões desses autores, principalmente aquelas apresentadas por Watson, elas se mostraram inconsistentes em relação à teoria, pois com relação a essas discussões Watson acabou sugerindo que Franklin tinha como objetivo construir a dupla hélice de fato.

Mas, conforme Silva (2010, p.78), “Franklin, já em 1951, sugeriu que o DNA poderia ser interpretado como uma dupla hélice. Entretanto, de fato, é difícil encontrar evidências do interesse de Franklin na função genética do DNA”.

Diante do exposto, a pergunta mais plausível para ser feita em relação a esse episódio, de acordo com Silva (2010), não seria “Por que Franklin não construiu a dupla hélice?” (p.79) e sim, “*Por que Franklin não explicou a função genética do DNA?*” (p.79). E, para tal questão, a resposta do autor é clara: “Ora, esta pergunta, ao contrário da primeira, pressupõe um objetivo científico que não era perseguido por Franklin (e era por Watson e Crick)” (p.79).

Sendo assim, quando os cientistas se referiam à dupla hélice, muitas vezes eles não estavam se referindo a um mesmo tipo de significado. Porém, as colocações de Watson não deixaram essa questão evidente, o que ocasionou em uma interpretação do episódio como se os cientistas partilhassem um único objetivo.

Exposto isso, o episódio da construção do modelo da dupla hélice não consistiu em uma corrida em direção a um único objetivo, como é muitas vezes apontado pelas interpretações de alguns historiadores. Pois, se a corrida era em direção a construir um modelo de estrutura a fim de decifrar sua função genética, Watson e Crick não tiveram concorrentes para essa disputa.

Apesar dessas reflexões sobre o episódio, Sayre e Maddox adotaram o itinerário sugerido por Watson e se prepararam para defender a pesquisadora dos ataques historiográficos.

Sobre a obra de Sayre, Silva (2010, p.81) afirma que:

O livro de Sayre altera o rumo da discussão, pois, se antes se atribuía importância a Franklin pela produção das evidências empíricas fundamentais para o modelo, agora são questionadas as formas pelas quais Watson e Crick obtêm as informações necessárias para a construção do modelo, sobretudo o desconhecimento de Franklin da utilização de seus dados (cf. Sayre, 1975, p.167). Porém, o mais importante é que com Sayre se inaugura, na discussão, uma fase de *justaposição argumentativa*. No caso específico de Sayre, tal justaposição acaba por conduzi-la a uma situação historiográfica complexa: ao mesmo tempo em que afirma que Franklin quase alcançou a dupla hélice (cf. 1975, p.63-4), Sayre explicitamente admite que ela estava interessada no “problema do DNA” (cf. 1975, p.170), sem fazer referência ao interesse de Franklin na função genética do DNA, mas apenas em sua estrutura.

De acordo com Silva (2010, p.81-82), a autora Brenda Maddox, em 2002, escreve uma biografia sobre Franklin, e se utiliza de todo tipo de argumento para defender a pesquisadora. Para esses fins, Silva afirma que Maddox faz uso das seguintes premissas:

- 1) os dados fundamentais para a construção do modelo foram obtidos por Franklin, por conta de sua ênfase no método empírico de investigação;

- 2) Franklin não era anti-hélice; e,
- 3) Watson e Crick obtiveram acesso indevido aos dados de Franklin.

Sendo assim, o ponto central das discussões acaba sendo exclusivamente em torno da dupla hélice do DNA. E as autoras Sayre e Maddox apresentam Rosalind não só como a pesquisadora, cristalógrafa de raios X, mas também como a cientista que “quase” conseguiu construir o modelo molecular do DNA (SILVA, 2010, p.82). Dessa forma, elas acabam inferindo que Rosalind não desenvolvia apenas uma linha de pesquisa e acabam colocando Franklin em uma posição vitimizada, onde teria ela descoberto a estrutura do DNA se Watson e Crick não tivessem usado das suas informações a respeito da estrutura do DNA, se ela não tivesse sido tão menosprezada por ser mulher, judia, se ela tivesse recebido o apoio que os outros dois cientistas tiveram, teria sido ela a cientista a descobrir a dupla hélice.

Na tentativa de justificar o porquê de Franklin não ter descoberto a estrutura do DNA a partir dos seus dados, Sayre (1975) afirma que “a ciência demanda objetividade ao invés de uma fé cega” e que, na época, a abordagem cristalográfica recomendava a análise de objetos complexos e a forma detectada pela evidência de Franklin (Forma B do DNA) era mais simples. A autora ainda vai além, e afirma que Rosalind estava interessada no “problema do DNA” (Sayre, 1975, p.170) e não compartilhava, com Watson e Crick, um interesse nas implicações do DNA para a genética (CRICK, 1988, p.69; MORANGE, 1998, p.115-116). Já Maddox (2002) justifica dizendo que ela apenas seguia seu treinamento científico e que a forma B do DNA não fornecia informações relevantes a um cristalógrafo.

A respeito dessa discussão sobre as autoras, e sobre a resposta à questão inicial: Se Rosalind dispunha de dados empíricos fundamentais para a construção do modelo de dupla hélice do DNA, por qual motivo ela mesma não decifrou a estrutura molecular do DNA? Silva (2010, p.85) apresenta uma explicação para tal episódio, baseado na obra de Olby (1974), afirmando que Franklin tinha razões profissionais para se concentrar na forma A e que, por essa razão, ela não se preocupou em inferir nada sobre a estrutura do DNA, uma vez que apenas levantar hipóteses não condizia com sua metodologia de trabalho, nem com os compromissos científicos assumidos com sua tradição de pesquisa. O mesmo argumento é utilizado por ele para explicar a razão da dupla Watson e Crick ter construído seu modelo com base na imagem da forma B do DNA, sendo essa opção justificada por ele, por ser essa a forma mais informativa para quem desejava construir modelos (SILVA, 2010, p.86).

Sendo assim, não é plausível fazer uma comparação em relação aos trabalhos realizados por Watson, Crick e Franklin, pois, como já discutido, eles não partilhavam os mesmos objetivos de trabalho a respeito do DNA, não dispunham das mesmas opções

metodológicas nem axiológicas. Enquanto a dupla Watson e Crick estava disposta a levantar hipóteses a respeito da descoberta da estrutura do DNA e a sua relação com a hereditariedade, em virtude da função exercida por Franklin, não era pertinente a ela apresentar hipóteses sem bases empíricas a respeito da estrutura do DNA sem antes ter desvendado inteiramente as formas A e B do composto.

A respeito disso, em um outro artigo, Silva (2007, p.301) afirma ainda que Rosalind era uma cientista que pertencia a uma tradição experimental, mais especificamente relacionada à pesquisa da bioquímica. Sendo assim, seu interesse se restringia à estrutura química do DNA, e a segurança dos dados era, sem dúvida, o fator mais importante a ser levado em conta para uma inferência a partir dos seus próprios dados. Já Watson e Crick estavam envolvidos com a tradição de pesquisa relacionada à Genética Molecular, onde o interesse estava em desvendar a função do DNA na transmissão da informação genética.

No final do seu artigo, Silva (2010, p.89), além de afirmar que de fato, Watson e Crick foram pouco generosos em relação ao reconhecimento dado por eles às contribuições aos dados de Franklin para a construção do modelo de dupla hélice, sugere um caminho para que o trabalho de Rosalind Franklin seja avaliado em sua grandeza. O autor sugere que, “[...] uma discussão sobre a participação de Franklin no episódio poderia ser realizada a partir de outro referencial: o dos compromissos profissionais assumidos na investigação do DNA”.

Para Silva (2010), “o episódio da dupla hélice revela mais do que certas disputas pessoais. Ele revela cientistas envolvidos com uma mesma entidade científica, porém com objetivos, metodologias e problemas diferentes” (p.89).

Com tudo o que foi exposto, apenas reivindicar a inserção de Rosalind na história como forma de contextualização não é a melhor forma de ressaltar as contribuições dessa cientista na história da descoberta do modelo da dupla hélice do DNA (e apenas para a confecção do modelo). Isso poderia gerar apenas uma visão distorcida da Ciência.

Assim, a condução de uma contextualização significativa, em relação ao episódio da descoberta da dupla hélice, seria de fato propiciada, expondo-se claramente os objetivos específicos de trabalho dos cientistas envolvidos na questão do DNA, as metodologias adotadas por cada um, a linha de pesquisa e até as intenções futuras a partir da descoberta.

A partir daí, ficaria evidente que Rosalind pertencia a uma concepção de Ciências que enfatizava o trabalho experimental em si, enquanto a dupla Watson e Crick, apesar de valorizar sim as evidências empíricas fornecidas pelos dados de Rosalind, estava envolvida no desenvolvimento de um programa de pesquisa que representasse o DNA como uma estrutura

em dupla hélice e, para esse fim, utilizava de descobertas científicas, intuições sobre o papel genético do DNA e algum conhecimento de química.

A contextualização de um episódio histórico como aqui apresentado não é tão simples quanto possa parecer e buscar simplificar os fatos decorridos ao longo da história a fim de facilitar a compreensão do episódio pode incorrer em uma transmissão de uma pseudo-história, ou mesmo em uma apologia a uma história que não conhecemos.

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Esta pesquisa constitui-se em investigações e reflexões e tem como objetivo buscar por respostas a respeito da compreensão de estudantes de um curso de Ciências Biológicas após uma intervenção por meio da contextualização histórica de um episódio da História da Ciência.

Diante do exposto, o objetivo deste capítulo é apresentar em linhas gerais os procedimentos metodológicos da pesquisa relativos aos participantes da investigação, aos instrumentos de coleta das informações e da análise, bem como a descrição da Análise de Conteúdo, que se constituiu na metodologia adotada para a realização das análises e categorização dos dados aqui levantados.

3.1 Uma Investigação Qualitativa

A natureza metodológica desta pesquisa é a qualitativa que, de acordo com Flick (2009, p.16-20), “usa o texto como material empírico (ao invés de números), uma vez que está interessada nas perspectivas dos participantes, em suas práticas do dia a dia e em seu conhecimento cotidiano relativo à questão em estudo”.

De acordo com Flick (2009), a qualidade de uma pesquisa qualitativa está atrelada a quatro fatores independentes, mas complementares, sendo eles:

- 1) O interesse do pesquisador, sem o qual nenhum projeto ou estudo atingirá bom êxito, visto que a pesquisa de cunho qualitativo requer tempo e disposição do pesquisador, não sendo, portanto, algo fácil de ser executado.
- 2) O interesse dos financiadores da pesquisa que pode ser medida pela quantidade de recursos colocados à disposição de pesquisadores para a realização de pesquisas de cunho qualitativo.
- 3) O interesse dos editores, que pode ser averiguado por meio do grande número de livros-textos que abordam a pesquisa qualitativa endereçando-a inclusive a disciplinas específicas como sociologia, psicologia, administração, contabilidade, educação etc.
- 4) O interesse do leitor, afinal de contas há sempre o desejo das pessoas em aprenderem um pouco mais das pessoas nas suas relações sociais e organizacionais.

Para esse autor, a qualidade da pesquisa de abordagem qualitativa, além de estar intimamente associada à questão ética, deve também compreender os significados que os sujeitos da investigação atribuem às questões e situações relativas ao tema de interesse (FLICK, 2009).

De modo geral, a pesquisa qualitativa visa o aprofundamento das compreensões das informações provenientes dos fenômenos que se investiga, fundamentando-se em uma análise rigorosa e criteriosa. Neste sentido, não se pauta em testar hipóteses, mas sim na compreensão dos fatos (MORAES, 2003).

Existem várias perspectivas na pesquisa qualitativa, mas todas se fundamentam numa premissa básica: a de que “as pessoas, as instituições e as interações são envolvidas na produção de realidades nas quais elas vivem ou ocorrem, e que esses esforços produtivos se baseiam em processo de produção de sentido” (FLICK, 2009, p.29).

Os aspectos essenciais a uma pesquisa qualitativa constam da escolha adequada de métodos e teorias convenientes; do reconhecimento e análise de diferentes perspectivas; das reflexões dos pesquisadores a respeito de suas pesquisas como parte do processo de produção do conhecimento; e da variedade de abordagens e métodos (FLICK, 2009, p.23).

O planejamento da pesquisa é um passo muito importante, seja para uma pesquisa quantitativa ou qualitativa. É possível argumentar ainda que, como muitas vezes as pesquisas qualitativas permitem um certo grau de flexibilidade durante sua execução, e “implicam que os pesquisadores têm de abrir mão de sua neutralidade em algum momento” (FLICK, 2009, p.21), é de fundamental importância que sua estrutura metodológica seja clara, esteja bem definida e autêntica. Ainda, a pesquisa qualitativa parte de teorias existentes e dos resultados da pesquisa empírica, logo sua estrutura metodológica é um aspecto fundamental para o sucesso da investigação.

O que se observa é que o interesse da pesquisa qualitativa se concentra no comportamento das pessoas, no que move as suas ações, naquilo que elas pensam e quais as razões que as levam a pensar dessa maneira. Dessa forma, a pesquisa qualitativa acaba se dirigindo à análise de casos concretos em suas peculiaridades locais e temporais, partindo das expressões e atividades das pessoas em seus contextos locais.

Para se obter as respostas de um estudo, a pesquisa qualitativa utiliza-se fortemente de entrevistas e questionários, embora não se desconsidere outros instrumentos e métodos de coleta de informações.

O estudo aqui realizado teve um caráter exploratório que, de acordo com Triviños (1987, p.109), “os estudos exploratórios permitem ao investigador aumentar a sua experiência

em torno de um determinado problema”. Uma pesquisa com essas características costuma ser realizada quando se tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias com a intenção de formular problemas mais precisos ou hipóteses a serem pesquisadas. No final da investigação pretendemos apresentar um maior esclarecimento sobre o assunto estudado e procedimentos mais sistematizados que poderão servir para a realização de outras pesquisas semelhantes.

3.2 O Contexto da Pesquisa

Para o desenvolvimento desta investigação foi necessária a escolha dos sujeitos de pesquisa e o local que ela seria realizada. Como este estudo foi inspirado na pesquisa de Oliveira (2009), optamos por investigar acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas, tal qual o trabalho citado, além da formação desses sujeitos também se constituir em motivo de interesse para investigação por parte da pesquisadora.

A escolha das turmas se deu por meio do contato com professores do colegiado do departamento de Biologia de uma universidade do Norte do Paraná, que gentilmente permitiram a realização dessa pesquisa, bem como a coleta de dados em suas turmas.

Os primeiros contatos com os professores responsáveis pelas turmas se deram de modo bastante satisfatório, sendo-lhes apresentado o projeto de pesquisa, detalhando também a proposta didática a ser desenvolvida.

Os Estudantes Investigados

A presente investigação foi realizada em várias disciplinas de um curso de Ciências Biológicas, onde a pesquisadora exerceu a função de professora. Participaram dessa investigação estudantes do 3º, 4º e 5º ano do curso, com idade entre 19 e 26 anos.

A pesquisa contou com trinta participantes, contudo, nem todos compareceram a todas as etapas desenvolvidas.

Na primeira aula, os estudantes foram informados a respeito da pesquisa e da natureza confidencial do material que seria obtido no levantamento dos dados. Disponibilizamos para cada um deles uma autorização por escrito a fim de que eles pudessem assinar e oficializar esse compromisso (APÊNDICE A). As aulas foram gravadas em áudio com a autorização de todos os participantes.

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu ao longo do primeiro semestre do ano letivo de 2014.

Com o desenvolvimento das atividades alguns estudantes se mostraram participativos, argumentando diante dos questionamentos propostos e fazendo outros questionamentos. Todas as aulas fluíram dentro das perspectivas desejadas superando as expectativas.

Os professores regentes das disciplinas não estiveram presentes em todas as etapas da proposta desenvolvida e a professora pesquisadora teve autonomia para desenvolver o procedimento didático planejado. Muitos estudantes se mostraram solícitos em contribuir com a investigação, contudo, outros se mostraram desmotivados.

3.3 A Proposta Didática

Nesta seção apresentamos a proposta didática desenvolvida junto aos acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas de uma universidade do Norte do Paraná, no primeiro semestre de 2014, cujo objetivo era tratar tanto dos conteúdos específicos relacionados à Biologia, quanto das reflexões possibilitadas pela História da Ciência. A proposta foi elaborada para ser desenvolvida em quatro etapas (aulas), sendo que o tempo variou muito entre as turmas investigadas, em virtude da maior disponibilidade de horário de umas turmas em detrimento de outras.

As etapas da investigação aconteceram durante 3 semanas, sendo uma etapa aplicada a cada semana (com exceção das etapas 2 e 3 que aconteceram na mesma semana em todas as turmas).

O procedimento ocorreu da seguinte forma: No primeiro momento, foi feita uma apresentação da pesquisadora e da pesquisa que seria desenvolvida a cada turma participante da investigação. Antes de iniciar a primeira etapa programada da pesquisa, foi entregue aos estudantes um questionário prévio (APÊNDICE B) visando conhecer aquilo que os estudantes conheciam por História da Ciência e se eles manifestavam algum interesse pelo tema em questão. Para tanto, as questões que compuseram esse questionário inicial foram:

01. O que é para você História da Ciência?
02. Qual o seu interesse por História da Ciência?

A escolha dessas questões teve como objetivo, investigar as concepções prévias dos estudantes a respeito do tema: História da Ciência. Além disso, as respostas obtidas por meio dessas perguntas poderiam permitir que posteriormente, uma comparação fosse realizada a fim de analisar se ocorreriam modificações ou não, nos registros dos estudantes acerca do assunto abordado no decorrer da investigação.

Após esse levantamento prévio, demos início à realização da proposta didática elaborada, que foi constituída por quatro etapas que descrevemos a seguir.

Primeira etapa

Antes de a pesquisadora iniciar a exposição do conteúdo proposto, foram feitos questionamentos aos estudantes como, por exemplo: a) alguém já ouviu falar em História da Ciência? Você já cursou alguma disciplina (na universidade) ou fez algum curso que tocava no assunto História da Ciência?

Após esses questionamentos iniciais deu-se início a uma aula expositiva introdutória a respeito do tema: *A importância da História da Ciência no ensino*, de acordo com os autores da área do Ensino de Ciências (CHASSOT, 2000; GIL-PÉREZ, 1993; MATTHEWS, 1995). Foi apresentado um panorama geral a respeito do que esses autores têm publicado a respeito do tema e sobre o que os documentos que orientam a educação têm contemplado a respeito dessa temática.

Terminada essa etapa, foi entregue aos estudantes um questionário (APÊNDICE C) contendo as seguintes questões:

01. Diante do que foi exposto, o que você compreende por História da Ciência?
02. Você considera importante a presença de elementos da História da Ciência no ensino? Por quê?

A primeira questão teve o intuito de verificar o desenvolvimento do levantamento prévio por parte dos estudantes. E a segunda, teria como finalidade, fazer uma retomada com relação ao que foi exposto, como forma de “avaliação” de acompanhamento.

Segunda etapa

Na segunda etapa da proposta iniciamos a aula realizando questionamentos acerca do episódio da descoberta da dupla hélice do DNA. Os estudantes foram questionados sobre o que conheciam a respeito do episódio, do que se recordavam, de que forma o episódio foi apresentado a eles na graduação. Esses questionamentos iniciais serviram para saber o que os acadêmicos conheciam a respeito do tema e para nortear a segunda etapa da proposta didática.

Em seguida, foi informado aos estudantes que o episódio seria apresentado novamente a eles por meio de um documentário científico intitulado: DNA – Episódio 01 – O Segredo da Vida (2003), disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=fGamdLLQKDs>. A escolha desse documentário justificou-se pelo fato dele contemplar a vivência dos principais cientistas envolvidos no episódio em questão e por apresentar a descoberta do DNA como um marco para a evolução da Genética. Além disso, ele apresenta toda a história da descoberta, segundo uma abordagem tradicional em História da Ciência, mais simplificada, tendenciosa, exaltando os ‘gênios’ da Ciência. Nessa vertente, ele apresenta a cientista Rosalind Franklin como sendo a pesquisadora que “quase” descobriu a estrutura da dupla hélice do DNA. A partir disso se problematizou o episódio.

Terceira etapa

Essa etapa aconteceu concomitantemente com a segunda e caracterizou-se por basear-se em discussões a respeito do documentário apresentado, e evidenciando e/ou demarcando a forma tradicional que Rosalind Franklin é apresentada no vídeo (seguindo a estratégia do filme). As discussões dessa etapa se basearam no texto intitulado: Defesa tradicional de Rosalind Franklin (que consta na seção dois dessa dissertação), sendo que o texto narra a história da cientista Rosalind Franklin de acordo com uma abordagem tradicional em História da Ciência.

Além disso, a historiografia tem sugerido (MADDOX, 2002; SAYRE, 1975) que Rosalind Franklin poderia ter proposto o modelo da dupla hélice, caso não tivesse ocorrido uma série de circunstâncias indesejáveis para o seu trabalho.

Após essas discussões, entregamos para os acadêmicos outro questionário (APÊNDICE D), contendo as seguintes questões:

01. Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin?
02. Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?

A primeira questão foi escolhida com o objetivo de verificar se o estudante possuía algum conhecimento prévio acerca do episódio abordado, oportunizando-o a se manifestar com relação ao que ele sabia sobre o assunto. Já a escolha da segunda questão foi estratégica, visto que na etapa seguinte, com a apresentação da Abordagem Alternativa do episódio da dupla hélice do DNA, ficaria evidente que a questão não tem sentido.

Nessa etapa da investigação, os acadêmicos expressaram sua indignação com relação ao documentário e ao fato de Watson não evidenciar a participação de Rosalind Franklin na descoberta do DNA.

Ao final dessa etapa foi entregue aos estudantes um artigo científico para que eles pudessem fazer a leitura e um estudo individual do artigo para a próxima etapa.

O artigo pode ser visto em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-31662010000100004&script=sci_arttext.

Quarta etapa

A quarta e última etapa da proposta didática planejada consistiu em uma retomada dos comentários pertinentes à etapa anterior e na apresentação de uma aula baseada no artigo “As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do Modelo da dupla hélice do DNA”, do autor Marcos Rodrigues da Silva. Tanto o artigo como a última aula apresentam uma defesa de Rosalind Franklin de acordo com uma abordagem alternativa em História da Ciência, tratando-se de uma história mais abrangente, com argumentos filosóficos. O que se pretendia, neste momento da pesquisa, era problematizar a questão: Será que Rosalind Franklin tinha de fato o objetivo de construir um modelo para o DNA? Será que ela estava na corrida pela descoberta da estrutura do DNA como sugere o documentário? E com isso mostrar aos estudantes que a discussão histórica contextualizadora não era tão simples como o documentário apresentado fazia sugerir. Em síntese, o objetivo era mostrar as diferenças de objetivos das pesquisas, e com isso problematizar a questão histórica, que muitas vezes aparece de forma simplificada.

Em suma, foram apresentados conceitos referentes à defesa de Rosalind Franklin de uma forma simplificada, tradicional (como é sugerido e praticado por muitos professores e como geralmente é encontrado nos livros didáticos), que classificamos como – Abordagem tradicional – e conceitos referentes à defesa de Rosalind Franklin, segundo um artigo de História e Filosofia da Ciência, na qual foi apresentada uma história mais abrangente, rebuscada, com argumentos alternativos, filosóficos, que classificamos como – Abordagem alternativa.

Terminada a apresentação, houve muitas discussões acerca da nova forma de abordagem do episódio. Nesse momento, muitos acadêmicos manifestaram o desejo de conhecer outros episódios da História da Ciência nessa vertente.

Após isso, foi entregue um novo questionário (APÊNDICE E) com mais duas questões para finalizar a coleta dos dados. As questões aplicadas foram as seguintes:

01. Explique a defesa de Rosalind Franklin segundo a abordagem alternativa, e explique também a diferença entre a defesa nessa abordagem e a abordagem tradicional.
02. Após todas as discussões e leituras, se você fosse defender Rosalind Franklin, como você a defenderia?

A primeira questão dessa etapa diz respeito ao ponto máximo da pesquisa, por meio da qual as respostas obtidas permitiriam observar a compreensão do episódio apresentado a partir das duas formas de abordagem da História da Ciência por parte dos estudantes. Já a segunda questão foi elaborada com o intuito de que, com a resposta da mesma, fosse possível verificar a adesão do estudante, a abordagem tradicional ou a abordagem alternativa do episódio histórico apresentado ou a sua adesão a ambas as abordagens.

3.4 O Instrumento para a Coleta de Dados – Questionários

Para a coleta dos dados ao longo das etapas dessa investigação, fizemos uso de questionários abertos.

Com relação à escolha desse tipo de instrumento, Gil (2008, p.121) define o questionário como sendo uma:

[...] técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos,

crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc.

Ainda de acordo com esse autor, o uso do questionário apresenta vantagens como:

- a) possibilita atingir grande número de pessoas, mesmo que estejam dispersas numa área geográfica muito extensa, já que o questionário pode ser enviado pelo correio;
- b) implica menores gastos com pessoal, posto que o questionário não exige o treinamento dos pesquisadores;
- c) garante o anonimato das respostas;
- d) permite que as pessoas o respondam no momento em que julgarem mais conveniente;
- e) não expõe os pesquisados à influência das opiniões e do aspecto pessoal do entrevistado (GIL, 2008, p.122).

Sendo o questionário aberto, ele permite que o sujeito pesquisado construa as respostas com suas próprias palavras, permitindo a liberdade de expressão, a originalidade, respostas variadas e mais representativas e fiéis.

Autores como Cohen, Manion e Morrison (2007) ressaltam que questões abertas possibilitam que os participantes da investigação escrevam livremente, podendo explicar e qualificar suas respostas, o que não ocorre com um questionário fechado, cujas categorias de respostas já são preestabelecidas pelos pesquisadores. Diante desses apontamentos, justificamos a escolha de questionários abertos para esta pesquisa.

Para a realização da validação dos questionários desta investigação, foi utilizado um grupo de pesquisa cujos membros estudam o tema História e Filosofia da Ciência.

3.5 A Metodologia da Análise de Conteúdo

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, assumiu-se como metodologia de coleta e de interpretação a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2004), que de acordo com a autora consiste em:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (várias inferidas) destas mensagens (p.37).

Moraes (1999, p.9) afirma que “Essa análise, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum”.

Ou seja, a Análise de Conteúdo não se restringe a uma simples leitura, mas busca um nível de compreensão implícito nos dados, uma interpretação que revela outros sentidos, além daqueles observados em um primeiro momento e que nem sempre se encontram manifestos.

A Análise de Conteúdo tem sido uma ferramenta útil no âmbito das pesquisas qualitativas. Possui um vasto e variado campo de aplicações, consistindo em uma metodologia que, embora exija do analista um esforço exaustivo em relação ao tratamento dos dados, pode proporcionar uma boa compreensão das informações e características reveladas nos dados.

Esse percurso analítico tem por finalidade inferir a respeito do fenômeno em estudo, bem como procura compreender os depoentes, o contexto em que estão inseridos e o intervalo de tempo. Busca entender o que está por trás das palavras. Chizzotti (2006, p.98) afirma que “o objetivo da análise de conteúdo é compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas”. E Flick (2009, p.291) afirma que a análise de conteúdo “é um dos procedimentos clássicos para analisar o material textual, não importando qual a origem desse material”.

Entretanto, esses processos que a Análise de Conteúdo nos apresenta, não devem ser tomados como um conjunto rígido de procedimentos (MORAES; GALIAZZI, 2007, p.141). O que não quer dizer que essa falta de rigidez implica em pouco rigor, mas permite que o pesquisador ultrapasse o olhar imediato da primeira leitura: “[...] se um olhar imediato e espontâneo já é fecundo, não poderá uma leitura atenta aumentar a produtividade e pertinência?” (BARDIN, 2004, p.25).

De acordo com Bardin (2004, p.89), as diferentes fases da Análise de Conteúdo organizam-se em torno de três polos cronológicos: a pré-análise; a exploração do material e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

O primeiro polo denominado de pré-análise, de acordo com a autora, “É a fase de organização propriamente dita” (p.89). Geralmente essa fase possui três movimentos: A escolha dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final.

A primeira ação deste polo é a realização da leitura flutuante, que consiste em estabelecer um contato com os documentos, momento em que se começa a conhecer os textos, deixando-se invadir por impressões e orientações. Após isso, é necessário definir o *corpus* da pesquisa, o que Bardin (2004, p.90) denomina como “conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos. A sua constituição implica, muitas

vezes, escolhas, selecções e regras”. Nesse sentido, Bardin (2004, p.90) afirma que a constituição do *corpus* precisa ser orientada pelas seguintes regras:

- a) Exaustividade: refere-se à deferência de todos os componentes constitutivos do *corpus*. Bardin (2004) descreve essa regra, detendo-se no fato de que o ato de exaurir significa não deixar fora da pesquisa qualquer um de seus elementos, sejam quais forem as razões.
- b) Representatividade: no caso da seleção, com um número muito elevado de dados, pode efetuar-se uma amostra, desde que o material a isto se preste. A amostragem diz-se rigorosa se a amostra for uma parte representativa do universo inicial.
- c) Homogeneidade: os documentos retidos devem ser homogêneos, obedecer a critérios precisos de escolha e não apresentar demasiada singularidade fora dos critérios.
- d) Pertinência: significa verificar se a fonte documental corresponde adequadamente ao objetivo suscitado pela análise, ou seja, esteja concernente com o que se propõe o estudo.

A enumeração dos elementos constituintes do *corpus* e o processo de fragmentação ou unitarização que define as unidades de análise, também fazem parte da pré-análise. Essas unidades de análise, de acordo com Moraes (1999, p.16), podem ser “palavras, frases, temas ou mesmo os documentos em sua forma integral”.

O polo exploração do material consiste em uma etapa essencialmente marcada por operações de codificação, decomposição ou enumeração, em função de regras previamente formuladas. Trata-se de uma etapa longa e são procedimentos que podem ser efetuados manualmente ou com auxílio de programas computacionais com o intuito de tratar os dados para facilitar o trabalho de compreensão, interpretação e inferência. O sistema de códigos, produzidos de acordo com Moraes (1999), pode ser constituído por números ou letras, ou pela combinação entre eles, e permite ao analista identificar rapidamente cada elemento codificado.

De acordo com Bardin (2004, p.97):

Tratar o material é codificá-lo. A *codificação*⁷ corresponde a uma transformação – efectuada segundo regras precisas – dos dados em bruto do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão susceptível de esclarecer o analista acerca das características do texto, que podem servir de índices [...].

⁷ A codificação é o processo pelo qual os dados brutos são transformados sistematicamente e agregados em unidades, as quais permitem uma descrição exata das características pertinentes do conteúdo (BARDIN, 2004, p.97).

O terceiro polo – tratamento dos resultados obtidos, a inferência e a interpretação – é caracterizado pelo momento da análise em que os resultados obtidos são tratados de maneira a se tornarem significativos e válidos. Uma das maneiras de se atingir esse resultado é por meio da categorização que, de acordo com Bardin (2004, p.11), consiste em “uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos”. Desse processo originam-se as categorias, que “são rubricas ou classes, que reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efectuado em razão dos caracteres comuns destes elementos” (BARDIN 2004, p.111).

Conforme Tortola, Almeida e Passos (2012), “categorizar significa agrupar aquelas unidades de análise que apresentam aproximações, que possuem algo em comum”. Esse movimento busca apresentar os dados de forma simplificada e pode ser empregado de dois modos: por meio de categorias definidas *a priori*⁸, ou com categorias emergentes do processo de investigação. As categorias *a priori* referem-se às construções que o pesquisador organiza antes da análise dos dados. Os dados são examinados com base em teorias escolhidas com antecedência, ou seja, “são caixas em que os dados serão classificados” (MORAES; GALIAZZI, 2007, p.28). Ao passo que para as categorias emergentes, o professor pesquisador utiliza-se de construções teóricas organizadas a partir do *corpus*.

Para estabelecer as relações que supomos existir entre o *corpus* e as formas de abordagem de História da Ciência já descritas na seção anterior, assumimos para esta investigação “o método dedutivo, um movimento do geral para o particular, que implica construir categorias antes mesmo de examinar o *corpus*. As categorias são deduzidas das teorias que servem de fundamento para a pesquisa” (MORAES; GALIAZZI, 2007, p.23).

O critério para a constituição das categorias pode ser, conforme apontam Bardin (2004) e Moraes (1999), semântico, originando categorias temáticas; sintáticas, definindo categorias a partir de verbos, adjetivos, substantivos etc.; lexical, por meio da classificação das palavras segundo o seu significado; e, expressivo, focalizando em problemas da linguagem.

De acordo com Bardin (2004), um conjunto de boas categorias deve possuir as seguintes qualidades:

- a) Exclusão mútua – categorias construídas de tal forma, impossibilitando que as unidades de registro pudessem pertencer a duas ou mais;

⁸ *A priori*: loc. adv. (expressão latina) Lóg. Segundo um princípio anterior à experiência, aceito como hipótese: “a priori”, nada posso dizer. / Loc. adj. Anterior à experiência: raciocínio “a priori” (LAROUSSE, 1979, p.63).

- b) Homogeneidade – um único princípio deve orientar a organização das categorias, ou seja, deve possuir a utilização de uma única dimensão de análise;
- c) Pertinência – as categorias devem estar adaptadas ao material de análise e pertencer ao quadro teórico definido e refletir as intenções da investigação;
- d) Objetividade e fidelidade – as diferentes partes do mesmo material, quando submetido à mesma grelha categorial, devem ser codificadas da mesma maneira, em diferentes análises;
- e) Produtividade – uma categoria é produtiva, quando fornece resultados férteis, em inferências, hipóteses inovadoras e dados exatos.

Após o movimento de construção das categorias, é necessário divulgar os resultados obtidos. A descrição, de acordo com Moraes (1999), é o primeiro momento desta comunicação e, no caso de uma pesquisa sob uma abordagem qualitativa, a descrição se dará segundo a elaboração de um texto síntese para cada uma das categorias, um texto que expresse o conjunto de sentidos presentes nas diversas unidades de análise incluídas em cada uma delas.

Feita a descrição, a fase final da Análise de Conteúdo é a interpretação. É o momento da análise em que o pesquisador procura ir além para atingir uma compreensão mais “[...] aprofundada do conteúdo das mensagens mediante inferência e interpretação” (MORAES, 1999, p.24).

Em conformidade com esta metodologia de pesquisa, dá-se continuidade à investigação buscando uma caracterização para a coleta de dados realizada em sala de aula com os participantes.

Flick (2009) enfatiza que o cuidado com o detalhamento do processo da pesquisa como um todo (o planejamento da pesquisa), como também a adequada exposição dos dados (incluindo a redação) na busca da confiabilidade, ou seja, na busca pela validação e confiabilidade, uma boa redação dos resultados da pesquisa, na qual se torna explícita uma boa organização dos dados, é fundamental.

3.5.1 Codificação das Informações para Compor a Identificação dos Participantes

Cabe elucidar que para a identificação dos dados, foi adotada a seguinte codificação: E1, E2, E3 até E30 – sendo que a letra E representa Estudante, e o número que a acompanha

indica cada um dos estudantes que participou da investigação – neste caso temos 30 estudantes.

Os dados considerados, assim como seus resultados, estão descritos neste estudo e referem-se às interferências suscitadas pelos participantes nas etapas 1, 2, 3 e 4, assim como as respostas obtidas por meio dos questionários.

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objetivo principal da presente pesquisa é investigar quais são as virtudes e dificuldades encontradas no processo de contextualização da História da Ciência, a partir do episódio histórico a respeito da participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA. Baseando-se nesse objetivo principal, analisamos a transição dos tipos de argumentos por parte dos acadêmicos investigados, em defesa de Rosalind Franklin, de acordo com as formas de abordagem do episódio apresentado.

Iniciamos a busca por respostas aplicando uma proposta didática inspirada na pesquisa de Oliveira (2009), realizada por meio de quatro etapas, sendo ao final apresentadas duas formas de abordar o episódio da descoberta da dupla hélice do DNA (com uma abordagem tradicional e com uma abordagem alternativa) e questionando os estudantes sobre o que eles compreendiam a respeito do que era apresentado em cada uma das etapas.

A seguir, apresentamos no Quadro 1 um resumo das etapas da proposta realizada, bem como os momentos em que ocorreu a coleta dos dados.

Quadro 1: Etapas da proposta didática planejada e momentos da coleta de dados

Etapa	Descrição
1 ^a	– Questionário prévio (Q1) <ul style="list-style-type: none"> • O que é para você História da Ciência? • Qual o seu interesse por História da Ciência? – Aula expositiva sobre a Importância da História e Filosofia da Ciência para o ensino; – Questionário (Q2) <ul style="list-style-type: none"> • Diante do que foi exposto, o que você compreende por História da Ciência? • Você considera importante a presença de elementos da História da Ciência no ensino? Por quê?
2 ^a	– Apresentação do Episódio da História da descoberta da dupla hélice do DNA, segundo uma abordagem tradicional; – Documentário: O segredo da vida.
3 ^a	– Discussão do documentário e de textos – ênfase em Rosalind Franklin (abordagem tradicional); – Questionário (Q3) <ul style="list-style-type: none"> • Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin? • Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?

4 ^a	<p>– Artigo: As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice: Palestra com o Professor Marcos Rodrigues da Silva (autor do artigo) e Etiane Ortiz – Abordagem Alternativa⁹;</p> <p>– Questionário (Q4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explique a defesa de Rosalind Franklin segundo a abordagem alternativa, e explique também a diferença entre a defesa nessa abordagem e a abordagem tradicional. • Após todas as discussões e leituras, se você fosse defender Rosalind Franklin, como você a defenderia?
----------------	--

Fonte: a própria autora

Neste capítulo, descrevemos e analisamos as impressões dos participantes da pesquisa quanto aos questionamentos realizados por meio dos questionários aplicados no decorrer das etapas da proposta didática desenvolvida.

A seguir, apresentamos a frequência da participação dos acadêmicos em cada etapa da investigação realizada, exemplos dos questionários respondidos e a análise detalhada dos questionários juntamente com as considerações abstraídas no decorrer de cada questão analisada.

4.1 Frequência da Participação dos Estudantes em cada Etapa da Pesquisa Desenvolvida

Apresentamos no Quadro 2, a frequência de cada um dos estudantes participantes da investigação ao longo das etapas da proposta desenvolvida no contexto didático junto aos acadêmicos do curso de Ciências Biológicas.

Quadro 2 – Participação dos estudantes em cada etapa da proposta didática desenvolvida

Estudante	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
E1	X	X	X	X
E2	X	X	X	X
E3	X	X	X	X
E4	X	X	X	X
E5	X	X	X	X
E6	X	X	X	X
E7	X	X	X	
E8	X	X	X	
E9	X	X	X	
E10	X			X
E11	X			X
E12	X			X

⁹ A palestra a respeito do artigo: “As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice” foi proferida pelo Professor Dr. Marcos Rodrigues da Silva (autor do artigo) em uma das turmas investigadas. Nas demais turmas, essa etapa da proposta didática foi desenvolvida pela própria pesquisadora, sendo que o mesmo material foi utilizado por ambos os condutores da aula.

E13	X			X
E14		X	X	X
E15		X	X	X
E16			X	X
E17			X	
E18			X	
E19			X	
E20	X	X	X	X
E21	X	X	X	X
E22	X	X	X	X
E23		X	X	X
E24		X	X	X
E25		X	X	X
E26	X	X	X	
E27	X	X	X	
E28	X			X
E29	X			
E30				X

Fonte: dos questionários

Após serem transcritos, os registros dos 84 questionários respondidos pelos acadêmicos compuseram o *corpus* desta pesquisa.

Optamos por analisar detalhadamente por meio dos procedimentos da metodologia da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2004) as respostas dos questionários aplicados apenas nas etapas três e quatro da proposta desenvolvida (os acadêmicos que participaram dessas etapas estão destacados no Quadro 2), posto que, são estas as etapas que tratam do episódio da História da Ciência de que buscamos a compreensão dos acadêmicos.

Analisamos minuciosamente os 9 estudantes que participaram de todas as etapas desta pesquisa e os 6 estudantes que participaram apenas das etapas três e quatro, pois, como já mencionado, são estas as etapas de maior interesse por parte desta investigação, cujos resultados da análise trouxeram informações concernentes com o que nos propomos neste estudo. Sendo assim, os sujeitos dessa análise sistemática foram: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E14, E15, E16, E20, E21, E22, E23, E24, E25, totalizando 15 estudantes e 30 questionários analisados.

Os registros dos questionários aplicados na primeira etapa (questionário prévio e etapa 1) se constituíram mais em uma rotina de trabalho, cujo resultado da análise (de acordo com a nossa percepção) não corresponde adequadamente com o objetivo principal, suscitado pela investigação, não influenciando diretamente nos resultados alcançados com a análise das etapas três e quatro desse estudo. Todavia, apresentamos nas seções a seguir, uma organização e descrição dos resultados obtidos também nesses momentos iniciais da pesquisa.

4.2 Análise dos Registros Obtidos por meio do Questionário Prévio

Para esta seção, baseados em uma leitura flutuante prévia, que é um dos procedimentos indicados pela Análise de Conteúdo de Bardin (2004), passamos a organizar os dados coletados por meio do questionário prévio.

Os resultados obtidos por meio desse levantamento inicial puderam ser agrupados e acomodados em “gavetas”, que permitem a classificação dos elementos de significação constitutiva, das mensagens encontradas nos relatos (BARDIN, 2004, p.32). A seguir, apresentamos novamente as questões aplicadas e as gavetas originadas desse movimento, juntamente com a identificação e observações abstraídas de cada um dos grupos. Ressaltamos que participaram dessa primeira organização, os registros dos 20 estudantes que responderam ao questionário prévio e ao questionário da Etapa 1.

Para a questão: O que é para você História da Ciência?, temos:

a.) Conjunto de fatos e descobertas que ocorreram desde o surgimento da Ciência – Nesse grupo dispomos os relatos dos 12 acadêmicos que relataram ver a História da Ciência como sendo uma sequência cronológica de eventos e de determinadas descobertas. Essa ideia de Ciência conhecida como “acumulativa”, é caracterizada pelo fato de que novas teorias científicas somam-se às precedentes em um crescimento linear, levando em consideração apenas as descobertas e/ou experimentos marcantes e o nome dos cientistas.

b.) Processo de construção do conhecimento científico – Nesse grupo foram acomodadas as respostas dos demais estudantes – 8 – que de uma forma ou de outra, ao responder à questão a respeito do que eles compreendiam por História da Ciência, afirmaram que para eles, a História da Ciência estuda o processo de construção do conhecimento científico, desde o seu surgimento até os dias atuais, levando em consideração o contexto histórico de cada descoberta.

Para a questão: Qual o seu interesse por História da Ciência?, temos:

a.) Interesse pessoal/curiosidade – Nessa gaveta foram acomodados os depoimentos dos 16 estudantes que relataram ter um interesse pessoal pelo tema História da Ciência. Na maioria dos relatos esse interesse foi descrito como relativo à ‘curiosidade’ pelos assuntos que estão relacionados à temática.

b.) Interesse relacionado à aprendizagem das disciplinas – Organizamos nesse grupo os registros dos 2 estudantes que mencionaram se interessar pela História da Ciência em razão

da sua importância na aprendizagem dos conteúdos das matérias relacionadas ao ensino de Ciências.

c.) Não tem interesse – Acomodamos nessa gaveta os depoimentos dos 2 acadêmicos que relataram não ter interesse pelo tema.

4.3 Análise do Questionário Aplicado na Primeira Etapa da Proposta Didática

Para esse momento da investigação também organizamos os dados com base em uma leitura flutuante da Análise de Conteúdo da Bardin (2004). Os resultados obtidos quanto aos registros das questões aplicadas nessa etapa puderam ser agrupados e acomodados em gavetas como já descrito anteriormente. A seguir, apresentamos novamente as questões utilizadas e as gavetas originadas desse movimento juntamente com a identificação e as observações abstraídas de cada um dos grupos formados.

Para a questão: Diante do que foi exposto, o que você compreende por História da Ciência?, temos:

a.) Conjunto de fatos e descobertas que ocorreram desde o surgimento da Ciência até os dias de hoje – Nesse grupo foram organizados os relatos dos 6 pesquisados que, após a apresentação da aula expositiva introdutória a respeito do tema: *A importância da História da Ciência no ensino*, continuaram afirmando que, na concepção deles, a História da Ciência consistia em um conjunto de eventos e descobertas marcantes da Ciência ao longo do tempo, evidenciando a ideia de Ciência incutida nesses sujeitos.

b.) Processo de construção e análise do conhecimento científico que leva em consideração o contexto histórico das descobertas – Nessa gaveta dispomos os registros dos 13 estudantes que após a aula relataram que a História da Ciência se configurava como sendo o processo de construção e análise do conhecimento científico ocorrido ao longo da história, levando em consideração o contexto no qual as descobertas foram originadas. Observamos que as percepções dos acadêmicos a respeito da História da Ciência apresentou alterações se comparado aos registros do questionário prévio quanto ao mesmo tipo de questionamento.

c.) Sem resposta – Acomodamos nessa gaveta o registro de apenas 1 acadêmico que declarou não ter resposta para a questão.

Para a questão: Você considera importante a presença de elementos da História da Ciência no ensino? Por quê?, temos:

a.) *Importante para o melhoria no ensino de Ciências e Biologia* – Dispomos nessa gaveta, os relatos dos 18 estudantes que declararam ser importante incluir elementos da História da Ciência no ensino com o intuito de motivar e estimular os estudantes, expandir conhecimento, desenvolver a criticidade, desmistificar ideias errôneas transmitidas ao longo do tempo e contribuir com a aprendizagem dos conceitos das disciplinas de Ciências e Biologia de modo geral.

b.) *Importante na graduação* – Acomodamos nessa gaveta os depoimentos dos 2 acadêmicos que afirmaram ser importante utilizar elementos da História da Ciência no ensino, porém que essa inserção seria mais benéfica para os estudantes da graduação, pois de acordo com eles, esse tema é um pouco cansativo para ser trabalhado com estudantes do ensino fundamental e/ou médio.

4.4 Análise do Questionário Aplicado na Terceira Etapa da Proposta Didática

A partir dessa seção, passamos a realizar a análise minuciosa dos dados seguindo os procedimentos da Análise de Conteúdo de acordo com Bardin (2004). Posto isso, para explorar o material dessa etapa, realizamos uma leitura cuidadosa das respostas, considerando o possível sentido em relação ao contexto de cada uma delas, assim como as semelhanças encontradas nos significados das palavras ou expressões apresentadas pelos acadêmicos em suas respostas, sintetizando-as e organizando-as em categorias.

Para analisar os registros desse terceiro questionário, nos sentimos impelidos a fazer uso das categorias denominadas emergentes, que são aquelas que não estavam preestabelecidas e, como diz a denominação, são construídas a partir do *corpus* tendo-se em pauta os referenciais teóricos que sustentam o movimento investigativo do pesquisador e também suas experiências de pesquisa. A análise dos dados acomodada dessa forma nos possibilitou tecer explicações a respeito da visão analítica desses estudantes frente ao tema em estudo.

Cabe ressaltar que “de certo modo a análise de conteúdo é uma interpretação pessoal por parte do pesquisador com relação à percepção que tem dos dados. Não é possível uma leitura neutra. Toda leitura se constitui numa interpretação” (MORAES, 1999, p.11).

Na sequência, ao longo da análise de cada uma das questões, as categorias e subcategorias determinadas serão exemplificadas por meio da apresentação das respostas e das considerações abstraídas nesta etapa investigativa.

4.4.1 Exemplificação dos Questionários Respondidos pelos Participantes na Terceira Etapa

Na sequência, exemplificamos com as Figuras 1 e 2, o terceiro questionário respondido pelos estudantes que participaram da terceira etapa da proposta desenvolvida no contexto didático.

Optamos por digitalizar apenas a folha em que os acadêmicos responderam às referidas questões, excluindo os dados que permitiam sua identificação.

Figura 1 – Questionário 3 – realizado pelo estudante E20.

Etapa 03

01. Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin?

Sou a favor do reconhecimento de suas contribuições para a descoberta da dupla hélice do DNA. Inclusive, acho que nas escolas e nas universidades ela deveria ser citada como uma das pessoas mais importantes pela descoberta; sendo o exemplo dela um modelo de pessoa que "venceu" as adversidades (como mulher, como judia e como pesquisadora).

02. Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?

Depois de conhecer uma outra versão da história, fica claro quão anti-ético a atuação de Watson e Crick se desenvolve. Talvez, se ela tivesse também coletado e compartilhado mais dados, ela teria conseguido interpretar os dados. Acredito que capacidade ela tinha, contrariando o comentário de Wilkins (do outro pesquisador da mesma universidade) e acho que de alguma forma ela descobriria a mesma coisa que Watson e Crick.

Fonte: dos questionários

Figura 2 – Questionário 3 – realizado pelo estudante E21.

Etapa 03

01. Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin?

Sua (f) pesquisa foi de extrema importância para os descobertos feitos sobre a estrutura do DNA. Sem ela, Watson e Crick não teriam construído o modelo helicoidal do DNA. Seu trabalho merece ser mais reconhecido e respeitado.

02. Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?

As expectativas dela podiam ser tão grandes que ela não foi capaz de observar a simplicidade da estrutura que estava representada no fato que ela havia feito. Talvez, a pouca informação química sobre a estrutura também não permitiu chegar a conclusão.

Fonte: dos questionários

Escolhemos aleatoriamente duas folhas dos participantes que responderam todas as questões solicitadas no terceiro questionário.

Ressaltamos que os questionários escolhidos para compor esta seção faziam parte dos questionários respondidos pelo grupo dos participantes (9 estudantes) presentes em todas as etapas da pesquisa desenvolvida.

Em foco o questionário 3 - Q3 / 01 – Análise da primeira pergunta investigativa

A primeira análise tem como pergunta norteadora: *Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin?*

Essa questão teve como finalidade verificar se o estudante já possuía algum conhecimento prévio a respeito do episódio abordado, oportunizando-o a se manifestar com relação ao que ele conhecia sobre o assunto.

A leitura e reflexão dos registros dessa questão nos permitiram observar uma grande recorrência em relação às respostas apresentadas. A partir daí foi possível organizar os registros dessa pergunta nas seguintes categorias e subcategorias:

Categoria 3.1.A¹⁰ – Aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin

Esta categoria se refere aos registros dos estudantes que relataram concordar com os argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin, de acordo com a visão historiográfica de James Watson proposta no documentário (O Segredo da Vida).

Dos 15 estudantes que responderam a essa questão, 14 deles afirmaram que concordavam com os argumentos apresentados e que a cientista Rosalind Franklin foi mesmo injustiçada e que ela deveria ter um reconhecimento maior na História da Ciência em virtude das suas descobertas.

As representações dos acadêmicos para essa questão puderam ser acomodadas nas seguintes subcategorias.

Subcategoria 3.1.1.A – Aceitação dos argumentos tradicionais com remissão à necessidade de um maior reconhecimento pelo trabalho desenvolvido por Rosalind Franklin e/ou pela relevância das suas descobertas: Para essa primeira subcategoria foram acomodados os relatos dos 10 estudantes que, ao responder à questão, relataram a necessidade de um reconhecimento maior na História da Ciência pelo trabalho realizado por Rosalind Franklin. Os argumentos também se fundamentaram na importância dos dados da cientista para a descoberta da dupla hélice do DNA, uma vez que sem eles, “Watson e Crick não teriam construído o modelo helicoidal do DNA” (E21). A seguir, apresentamos os registros que nos permitiram chegar a tais compreensões:

E3 – Os argumentos fazem sentido, uma vez que os resultados obtidos por Rosalind Franklin na difração de raio X serviram de base para as conclusões dos outros pesquisadores, e, provavelmente, sem essas imagens, eles não conseguiriam

¹⁰ Quanto à identificação dos dados dos questionários – categoria e subcategoria – adotou-se a seguinte codificação: 3.1.A – 3, terceiro questionário (Q3); 1, 1ª questão do Q3 e adotamos o A, pelo fato de ser a 1ª categoria emergente desses dados coletados. Já com relação às subcategorias, adotou-se a seguinte codificação: 3.1.1.A – 3, terceiro questionário (Q3); 1, 1ª questão do Q3; 1, 1ª subcategoria originada de um reagrupamento da primeira categoria emergente.

descobrir tão cedo a estrutura do DNA. Portanto, Rosalind deve ter mais reconhecimento na Ciência em função de suas descobertas¹¹.

E4 – Acredito que ela deveria ter levado mais crédito na descoberta da dupla hélice do DNA. E, ainda, que Watson e Crick apenas analisaram os dados já obtidos, não tendo credibilidade na descoberta.

E5 – Creio que Franklin foi sim injustiçada, e que seu nome deveria ser mais prestigiado, uma vez que sem suas fotografias a descoberta teria demorado mais.

E6 – Eu concordo, acho que ela deveria ter muito mais crédito pela descoberta da dupla hélice do que os outros pesquisadores, pois sem os dados dela eles não conseguiriam chegar aos resultados nunca.

E20 – Sou a favor do reconhecimento de suas contribuições para a descoberta da dupla hélice do DNA. Inclusive, acho que nas escolas e nas universidades ela deveria ser citada como uma das pessoas mais importantes pela descoberta; sendo o exemplo dela um modelo de pessoa que “venceu” as adversidades (como mulher, como judia e como pesquisadora).

E21 – Sua pesquisa foi de extrema importância para as descobertas feitas sobre a estrutura do DNA. Sem ela, Watson e Crick não teriam construído o modelo helicoidal do DNA. Seu trabalho merece ser mais reconhecido e respeitado.

E22 – Concordo com o fato de que ela ficou muito desacreditada no momento em que as descobertas aconteciam. Ela deve sim ser lembrada, afinal só se descobriu a forma do DNA através dos estudos dela. Mas, no momento da descoberta eles nem pensaram em dar crédito a ela e sim colocar seu nome em um trabalho novo e importante. Como já passou muito tempo e todo mundo concorda que ela foi importante, acho que reconhecer a contribuição dela mesmo que atrasado é muito importante.

E23 – Ela deve ser lembrada por suas descobertas porque se não fossem elas não seria possível chegar a uma conclusão a respeito da dupla hélice.

E24 – No mínimo ela deveria ser citada como colaboradora. O modelo proposto foi baseado nas descobertas de Rosalind, sem seus estudos talvez eles não tivessem conseguido propor o modelo, portanto, nem mencionar Rosalind foi no mínimo antiético.

E25 – Acredito que ela deve ser lembrada como um item de extrema importância para a descoberta da estrutura helicoidal do DNA (Grifos nossos).

Subcategoria 3.1.2.A – Aceitação dos argumentos tradicionais, porém essa aceitação não é apresentada de forma clara pelo depoente: Esta subcategoria é composta pelos registros dos 3 estudantes que não expressaram de forma clara seus argumentos para responder à questão, porém foi possível notar nos depoimentos a aceitação dos argumentos tradicionais em defesa a Rosalind Franklin que lhes foram apresentados. Na sequência, expomos os registros juntamente com os destaques nas palavras e/ou expressões que nos permitiram chegar a tais resultados:

¹¹ Os destaques nos relatos foram realizados nos momentos em que foi possível observar menção dos estudantes à necessidade de um maior reconhecimento pelo trabalho desenvolvido por Rosalind Franklin e/ou pela relevância das suas descobertas.

E1 – Realmente acho que não deram tanto prestígio a ela pelo fato de ela ser mulher (e isso também deveria incomodar seus colegas de trabalho). Mas talvez isso não deveria ter sido muito diferente na sociedade atual pois, apesar do preconceito ter diminuído, ainda existem muitas pessoas oportunistas.

E2 – A respeito do que foi mostrado, Rosalind foi injustiçada, sendo deixada de lado no momento da publicação de Watson e Crick, pois sem seus estudos eles provavelmente não chegariam às conclusões que obtiveram.

E14 – Foram injustos os outros cientistas, pois não evidenciaram desde o princípio da sua total descoberta da hélice, que obtiveram isto, em função do trabalho que ela desenvolvia, seus estudos. Cada cientista está interessado em quem descobriria primeiro, sem mencionar os feitos dos outros envolvidos (Grifos nossos).

Subcategoria 3.1.3.A – Existe aceitação dos argumentos tradicionais, porém o depoente se contradiz quanto à justificativa: Esta subcategoria foi composta pelo registro do estudante E15 que, de acordo com a nossa interpretação, ao responder à questão, o acadêmico não apresenta uma resposta coerente nem com a pergunta e nem com a sua própria resposta.

E15 – São bons argumentos, já que da perspectiva de olhar os dados a partir de uma preconceituosa, de uma teoria (no caso dela, a cristalografia), ela não estava preocupada em enxergar uma forma para o DNA, apenas no trabalho dela.

Diante desse depoimento, notamos que ao mesmo tempo em que o estudante declara que os argumentos apresentados são “bons” (considerando que nesse momento apenas havia sido apresentado o episódio de acordo com uma abordagem tradicional em História da Ciência), também afirma que Rosalind “não estava preocupada em enxergar uma forma para o DNA, apenas no trabalho dela” (E15), evidenciando o que ele já conhecia acerca do episódio. Acreditamos que a ambiguidade apresentada no registro desse estudante possa ser resultante da interpretação (ou falta de) feita por ele quanto à questão proposta, o que nos indica que a forma como a pergunta foi elaborada pode não ter ficado bem clara.

Ao final da análise da questão, observamos que os registros nos revelam como os estudantes são influenciados pelas histórias que lhes são contadas. A preocupação quanto a essa constatação respalda-se no que diz Gil-Pérez (*apud* TEODORO 2000, p.55) a respeito de que a forma como são ensinados conteúdos de Ciências no Ensino de Ciências/Biologia pode acabar levando os estudantes a apresentar concepções e ideias equivocadas com relação ao trabalho científico.

Também nos chamou a atenção o fato de que em nenhum momento os acadêmicos questionaram a veracidade dos fatos apresentados ou comentaram algo que sabiam de diferente a respeito do episódio, ao contrário, muitos manifestaram uma profunda indignação

tanto por desconhecerem a história desse episódio mais a fundo, quanto pela atitude de Watson e Crick em não mencionar Rosalind Franklin no artigo publicado em 1953 na revista “*Nature*”.

Categoria 3.1.B – Não aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin

Esta categoria se refere ao registro do único estudante que relatou não concordar com os argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin, de acordo com a visão historiográfica de James Watson proposta no documentário “O Segredo da Vida”. O registro que ilustra essa categoria é:

Não concordo, primeiramente porque ela começou a estudar a estrutura do DNA por acaso, porque sua área de pesquisa era difração de raio X. Ela não tinha interesse de descobrir a estrutura do DNA, ela não era também competidora com Watson a respeito do DNA (E16).

Diante de tal depoimento, pudemos perceber que esse acadêmico já possuía conhecimento a respeito do episódio e das discussões que o circundam. Entretanto, em nenhum momento ele se manifestou durante a aula para expor o que conhecia sobre o assunto em questão, sendo assim, a opinião dele só foi conhecida por meio do registro do questionário.

Em foco o questionário 3 – Q3 / 02 – Análise da segunda pergunta investigativa

A questão que orientou a segunda análise foi: *Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?*

A escolha dessa questão foi estratégica, pois na etapa seguinte, com a apresentação da abordagem alternativa do episódio da dupla hélice do DNA e das discussões a respeito da participação da cientista Rosalind Franklin na descoberta, ficaria claro que essa pergunta não tem sentido, visto que Rosalind Franklin não tinha como objetivo de pesquisa decifrar a estrutura helicoidal do DNA.

Ao analisar os registros referentes a essa questão, foi possível organizá-los nas seguintes categorias:

Categoria 3.2.A – Razões (tradicionais) para explicar a não descoberta da dupla hélice do DNA por Rosalind Franklin

Foram acomodados nessa categoria, os registros dos estudantes que alegaram várias razões para que Rosalind Franklin não tivesse descoberto a estrutura do DNA, entre eles foram citadas como razões: falta de tempo, de sorte, de comunicação com outros cientistas e, até relataram incapacidade por parte da cientista em enxergar seus próprios dados. A seguir, apresentamos os registros dos 13 estudantes que expuseram tais opiniões:

E1 – Acho que ela não teve a sorte¹² de descobrir tão rapidamente, e acabou se prejudicando pela esperteza de seus “colegas” de trabalho.

E2 – Talvez por falta de tempo, ou por estresse. Já que ela trabalhava em um ambiente pesado e, portanto, não podia se dedicar, assim, de corpo e alma aos seus estudos.

E3 – Talvez porque ela não soube interpretar corretamente a imagem, ou até focou demais seus pensamentos na “forma A” e “forma B”. Na mais remota das hipóteses ela também poderia ter uma ideia de interpretação correta dessas imagens, mas não quis expor publicamente com receio de que alguém pudesse achar tudo uma loucura, já que não dava para visualizar num plano 3D, por exemplo.

E4 – Ela não descobriu, pois não soube como analisar os dados obtidos.

E5 – Talvez por ela ser tão retraída e não discutir mais as hipóteses com outros pesquisadores, diferente do que Watson e Crick faziam.

E6 – Provavelmente ela descobriria, se não tivesse morrido precocemente, pois como foi visto nos dados dela, ela estava quase lá.

E14 – Talvez por falta de outros dados que ela não conhecia, feitos pelos outros cientistas, se por acaso todos tivessem interagido com suas ideias, não ocorreria toda essa controvérsia.

E15 – Porque é possível que ela não acreditava ser possível uma forma helicoidal para o DNA, já que ela tinha dados suficientes para tal descoberta.

E20 – Depois de conhecer uma outra versão da história, fica claro quão antiética a atuação de Watson e Crick se desenvolve. Talvez, se ela tivesse também coletado e compartilhado mais dados, ela teria conseguido interpretar outros dados. Acredito que capacidade ela tinha, contrariando o comentário de Wilkins (do outro pesquisador da mesma universidade) e acho que, de alguma forma, ela descobriria a mesma coisa que Watson e Crick.

E21 – As expectativas dela podiam ser tão grandes que ela não foi capaz de observar a simplicidade da estrutura que estava representada na foto que ela havia feito. Talvez, a pouca informação química sobre a estrutura também não permitiu chegar à conclusão.

¹² Destacamos as razões que os estudantes declararam para explicar o porquê da cientista Rosalind Franklin não ter descoberto a dupla hélice do DNA como forma de evidenciar a presença de características de uma abordagem tradicional em História da Ciência nos relatos.

E22 – Acho que ela não descobriu porque foi muito ética e não se aproveitou dos outros estudos. Se ela tivesse conhecimento destes estudos, mesmo que ela fosse contra o modelo hélice, acabaria chegando nesta conclusão.

E23 – Provavelmente ela não conseguiu enxergar a dupla hélice olhando o raio X encontrado por ela mesma ou talvez o foco de Rosalind não tinha sido em descobrir qual a estrutura do DNA.

E24 – Talvez ela não conseguia ter um olhar mais de fora. Ficou muito presa a um olhar muito molecular e não tanto para o estrutural. Talvez também não abria sua mente para a descoberta dos outros cientistas e lhe faltava informações para poder entender o que tinha nas mãos. (Grifos nossos).

Podemos observar com a quantidade de depoimentos acomodados nessa categoria, que os estudantes investigados se deixaram influenciar pela forma tradicional, simplista e tendenciosa que o episódio foi apresentado.

Ressaltamos que não é incomum encontrarmos descrições históricas que realçam o papel de um único personagem (aquele que foi o “vitorioso”, desprezando, em geral, aqueles que tiveram as ideias “erradas”...) ou descrições que reforçam uma visão linear e lógica da Ciência, com cada acontecimento científico (ou “descoberta”) encadeado em outro. Porém, esse tipo de versão da História da Ciência deve ser evitado em virtude das concepções inadequadas que esses tipos de descrições podem gerar em termos de ensino.

Destacamos, também, o fato de que em nenhum momento os acadêmicos questionaram as verdadeiras intenções de Rosalind Franklin, pelo contrário, se mantiveram passivos o tempo todo e acabaram formulando respostas à questão de acordo com a versão que lhes foi apresentada, evidenciando que eles não procuraram refletir a respeito do episódio e dos debates existentes em torno da história. Tal constatação é preocupante, visto que os estudantes demonstram não apresentar uma capacidade crítica a respeito do que lhes são apresentados.

Ao analisar o registro do estudante E23, por exemplo, podemos observar que ele chega a mencionar que “*talvez o foco de Rosalind não tinha sido em descobrir qual a estrutura do DNA*”, mas em nenhum momento ele questiona essa possibilidade.

Categoria 3.2.B – Remissão à linha e objetivo de pesquisa de Rosalind Franklin

Nessa categoria acomodamos os relatos dos estudantes E16 e E2, que argumentaram a não descoberta da estrutura helicoidal do DNA pela cientista Rosalind Franklin em virtude da sua formação e objetivo de pesquisa, revelando uma compreensão mais aprofundada a respeito do episódio por parte desses estudantes. Os registros que nos permitiram chegar a tais apreensões foram:

[...] E ela não tinha interesse em estudar a estrutura do DNA inicialmente, ela estudou por um acaso, porque ela era cristalógrafa (E16).

Pelo que eu pude entender, em relação aos dados encontrados por Rosalind, o foco dela não era descobrir a estrutura do DNA e sim, se aprofundar nos seus estudos, nos tipos de DNA que ela descobriu. Talvez esse seja o motivo da não descoberta da estrutura do DNA por ela, devido a outros interesses em relação ao DNA que estavam sendo focados (E25).

4.5 Análise do Questionário Aplicado na Quarta Etapa da Proposta Didática

Tal como procedemos na análise do material correspondente à terceira etapa da proposta didática, para explorar o material da quarta etapa, realizamos uma leitura cuidadosa das respostas, considerando o possível sentido em relação ao contexto de cada uma delas, assim como as semelhanças encontradas nos significados das palavras ou expressões apresentadas pelos acadêmicos em suas respostas, sintetizando-as e organizando-as em categorias.

Para organizar os registros dessa etapa, evidenciamos a escolha de categorias denominadas *a priori*, que são definidas por Moraes e Galiazzi (2007, p.73) como aquelas que precedem as unidades de análise e possuem natureza objetiva e dedutiva visto que, diante dos questionamentos propostos, os tipos de abordagem em História da Ciência apresentados nesse estudo nos deram base para investigar e comparar as respostas dadas pelos estudantes investigados.

No processo de categorização *a priori* ou fechado as categorias são predeterminadas, ou seja, fornecidas de antemão. A origem das categorias nesse caso será geralmente alguma teoria em que se fundamenta a pesquisa, como as categorias sendo deduzidas dessa teoria (MORAES; GALIAZZI, 2007, p.87).

As categorias admitidas *a priori* estão (como já citado) diretamente relacionadas com os tipos de abordagem em História da Ciência apresentados nas seções 2.3.1 e 2.3.2 dessa dissertação (Defesa tradicional e defesa alternativa de Rosalind Franklin). O critério de pertinência para o agrupamento dos dados em uma categoria foi a relação de semelhança entre os registros e os significados da respectiva categoria que foram *a priori* definidos.

Na sequência, ao longo da análise de cada uma das questões, as categorias determinadas serão exemplificadas por meio da apresentação das respostas e das considerações abstraídas nesta etapa investigativa.

4.5.1 Exemplificação dos Questionários Respondidos pelos Participantes na Quarta Etapa

Nesta seção, exemplificamos com as Figuras 3 e 4, o quarto questionário respondido pelos estudantes que participaram da quarta etapa da proposta desenvolvida no contexto didático dessa investigação.

Para essa etapa, também optamos por digitalizar apenas a folha em que os acadêmicos responderam às referidas questões, excluindo os dados que permitiam sua identificação.

Figura 3 – Questionário 4 – realizado pelo estudante E06.

Etapa 04

01. Explique a defesa de Rosalind Franklin segundo a abordagem alternativa, e explique também, a diferença entre a defesa nessa abordagem e a abordagem tradicional.

NA ABORDAGEM TRADICIONAL WATSON E CRICK COLOCAM ROSALIND COMO UMA COITADA, QUE NÃO CONSEGUIU ENXERGAR A FORMA DO DNA POIS NÃO CONSEGUIU INTERPRETAR SEUS PRÓPRIOS DADOS OU PORQUE NÃO QUERIA ENXERGAR O QUE ESTAVA ÓBvio, QUE ERA A FORMA EM DUPLA HÉLICE DO DNA, PORQUE ELA ERA ANTI-HÉLICES.

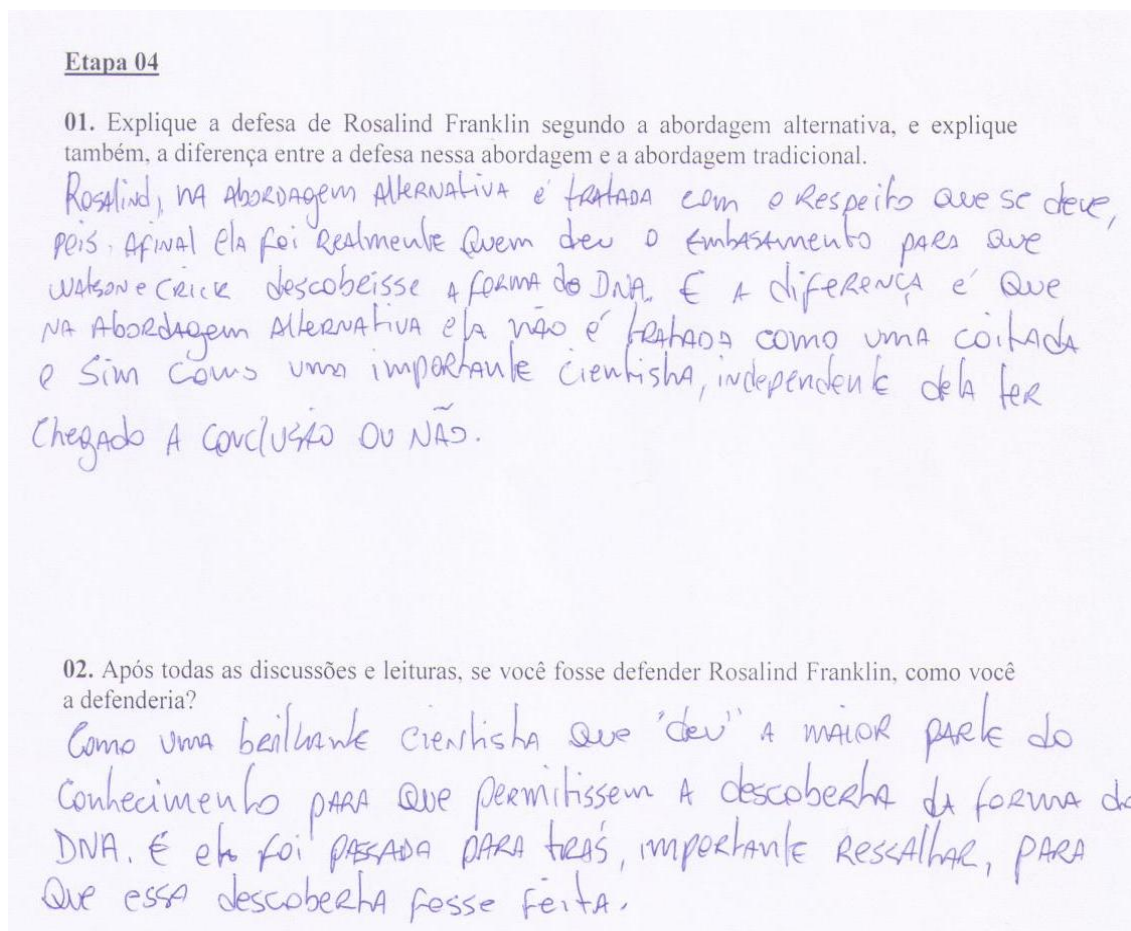
PORÉM NA ABORDAGEM ALTERNATIVA, DESCOBRIMOS QUE O OBJETIVO DE ROSALIND NUNCA FOI DESCOBRIR A FORMA DO DNA, FAZER UM MODELO SOBRE ISSO, E SIM ESTUDAR AS DUAS FORMAS QUE ELA ENCONTROU (A E B) E APENAS DESCREVER ESSAS FORMAS, POIS ERA SEU TRABALHO DE CRISTALOGRAFIA.

02. Após todas as discussões e leituras, se você fosse defender Rosalind Franklin, como você a defenderia?

OS OBJETIVOS DE ROSALIND ERAM OUTROS, PORTANTO ELA NÃO "PERDEU" A CORRIDA PARA DESCOBRIR A FORMA DO DNA, POIS NÃO FAZIA PARTE DO TRABALHO DELA.

Fonte: dos questionários

Figura 4 – Questionário 4 – realizado pelo estudante E22.



Fonte: dos questionários

Escolhemos aleatoriamente duas folhas dos participantes que responderam a todas as questões solicitadas no quarto questionário.

Ressaltamos que os questionários escolhidos para compor esta seção também faziam parte dos questionários respondidos pelo grupo dos acadêmicos que estiveram presentes em todas as etapas da pesquisa desenvolvida.

Em foco o questionário 4 - Q4 / 01 – Análise da primeira pergunta investigativa

A primeira análise dessa etapa tem como pergunta norteadora: *Explique a defesa de Rosalind Franklin, segundo a abordagem alternativa, e explique também a diferença entre a defesa nessa abordagem e a abordagem tradicional.*

Essa questão elaborada diz respeito ao ponto máximo do trabalho, onde as respostas obtidas permitiram (de acordo com nossa percepção) observar a compreensão do episódio

apresentado por meio dos dois tipos de abordagem em História da Ciência por parte dos estudantes. O objetivo da escolha dessa questão foi verificar se os estudantes haviam compreendido as diferenças entre os dois tipos de abordagem utilizados para a explicação do episódio.

A leitura e reflexão a respeito dos registros nos permitiram acomodá-los nas seguintes categorias predeterminadas:

Categoria 4.1.A – Diferenças entre as abordagens tradicional e alternativa em História da Ciência em relação ao episódio da descoberta da dupla hélice do DNA

Esta categoria caracteriza-se pela descrição produzida pelos estudantes com base nas formas de abordagem apresentadas a respeito da participação da cientista Rosalind Franklin na descoberta da estrutura do DNA. Desse movimento, observamos que dentro dessa categoria definida *a priori*, em virtude da riqueza de informações, emergiram da análise dos registros dos acadêmicos, agrupamentos específicos que foram então organizados em três subcategorias com o intuito de conseguir analisar os registros com mais especificidade.

Subcategoria 4.1.1.A: Apresentação clara entre as duas formas de abordagem do episódio – Nessa subcategoria acomodamos os depoimentos dos 8 estudantes que descreveram especificamente a diferença entre ambas as abordagens apresentadas. Os relatos que continham tais descrições foram:

E1 – A abordagem alternativa fala que não tem uma defesa para Rosalind, pois ela simplesmente não estava em busca da resposta para o modelo do DNA. A abordagem tradicional é que “problemas” da sociedade impediram Rosalind de obter a resposta, ou que Watson roubou a resposta.

E4 – A abordagem tradicional explica que Rosalind não descobriu a estrutura da dupla hélice, pois ela não soube analisar seus dados, teve pouco tempo, pois ela não construiu modelos da sua descoberta; e ainda, ela é vista como “coitada” por ser mulher e judia. Na outra abordagem torna-se claro que Rosalind não descobriu a dupla hélice, pois o intuito de pesquisa dela não era esse; ela se atentava a dados distintos daqueles que Watson e Crick buscavam.

E6 – Na abordagem tradicional Watson e Crick colocam Rosalind como uma coitada, que não conseguiu enxergar a forma do DNA, pois não conseguiu interpretar seus próprios dados ou porque não queria enxergar o que estava óbvio, que era a forma em dupla hélice do DNA, porque ela era anti-hélica. Porém, na abordagem alternativa, descobrimos que o objetivo de Rosalind nunca foi descobrir a forma do DNA, fazer um modelo sobre isso, e sim estudar as duas formas que ela encontrou (A e B) e apenas descrever essas formas, pois era seu trabalho de cristalografia.

E14 – Na abordagem alternativa, o motivo dela não ter descoberto a estrutura do DNA foi porque esse não era o intuito dela, o foco do trabalho dela, e não por outros motivos, como traz a abordagem tradicional, que mostra que ela estava

trabalhando para esta finalidade, e não enxergando os seus próprios dados por não fazer o trabalho da mesma maneira que Watson e Crick, que foram coletando as informações pertinentes que resultaram no DNA.

E20 – Rosalind Franklin não trabalhava em específico com a descoberta da dupla hélice do DNA, mas com o uso da cristalografia. Na abordagem tradicional, Franklin (a meu ver) foi caracterizada com todas as fraquezas possíveis, inclusive falta de cognição, para justificar sua “descoberta tardia”.

E21 – Na abordagem tradicional, Rosalind Franklin é vista como uma coitada que foi passada para trás por outros cientistas (Watson e Crick), que usaram suas informações e não deram crédito a ela por isso. A abordagem que foi mostrada na aula mostra que os objetivos de Rosalind Franklin eram outros relacionados à sua profissão (cristalógrafa) e, por isso, ela deixou passar as informações a respeito da estrutura da molécula de DNA.

E23 – A abordagem tradicional diz que Rosalind tinha todas as informações sobre o DNA, mas não foi capaz de descobrir sua estrutura. Já a alternativa mostra que ela não estava focada em descobrir a forma do DNA, por isso não o fez.

E25 – Durante a abordagem tradicional, apenas um ponto de vista era abordado, diferente da defesa apresentada nesta aula, que mostra o outro ponto de vista, onde Rosalind não é apresentada como uma “judia burra” e sim como uma mulher que apenas não descobriu a estrutura do DNA, pois este não era seu foco.

Observamos que esses estudantes apresentaram, de forma nítida, a diferença entre as duas formas de abordagem em História da Ciência acerca do episódio histórico apresentado de acordo com a compreensão que eles tiveram. Percebemos com tais depoimentos, que os acadêmicos compreenderam e conseguiram diferenciar a forma de abordagem tradicional da forma de abordagem alternativa.

Subcategoria 4.1.2.A – Síntese das abordagens tradicional e alternativa: Foram acomodados nessa subcategoria os registros dos 4 estudantes que não apresentaram claramente uma distinção entre as duas abordagens, contudo, apresentaram uma síntese geral de ambas. Os registros que compuseram esse grupo foram:

E2 – Ela apenas não estudava a mesma coisa que seus supostos “concorrentes”.

E5 – Rosalind não tinha como objetivo as mesmas coisas que Watson e Crick, seu foco era apenas obter as fotografias e não os mecanismos biológicos. A diferença entre as abordagens é exatamente o foco ou objetivo de cada pesquisador.

E15 – Segundo a abordagem alternativa, pode-se entender claramente a não preocupação de Rosalind com o contexto “genético”. Watson traz para dentro do seu contexto, o dado obtido por Rosalind em suas pesquisas, forçando assim uma falsa interpretação e eliminando qualquer defesa por ela empreendida. Ou seja, são duas teorias distintas, interpretando o mesmo dado, sendo olhares diferentes, obviamente obtém-se dados diferentes.

E16 – Rosalind acabou se enveredando sobre a estrutura do DNA por acaso, e no fato ocorrido sobre a descoberta do DNA nas fotos que ela tirou A e B, ela como era

cristalógrafa considerou mais a B do que a A¹³, porque sua formação acadêmica lhe instruiu a relevar mais uma do que a outra. Ela, portanto, não tinha interesse em ser “a cientista que descobriu a estrutura do DNA”. Simplesmente rebatendo o argumento “maldoso de Watson” que ela deixou passar despercebida a descoberta do DNA é equivocado, ela tinha uma linha de pesquisa em física, cristalógrafa e não em genética. Ela, portanto, não tinha obrigação de provar nada, ela teve sua contribuição e relevância.

Subcategoria 4.1.3.A – Descrição apenas da abordagem alternativa: Acomodamos nessa terceira subcategoria os relatos dos 3 estudantes que na resposta para a questão descreveram apenas a abordagem alternativa. A seguir, apresentamos esses registros:

E3 – A abordagem alternativa está relacionada ao fato de que não é possível julgar ou questionar Rosalind por ela não ter descoberto o significado da foto 51, simplesmente porque ela não estava trabalhando com o DNA, seu trabalho era sobre cristalografia e o aperfeiçoamento da técnica. Portanto, ela não tinha nenhum interesse em interpretar a foto 51 como Watson interpretou.

E22 – Rosalind, na abordagem alternativa é tratada com o respeito que se deve, pois afinal ela foi realmente quem deu o embasamento para que Watson e Crick descobrissem a forma do DNA. E a diferença é que na abordagem alternativa ela não é tratada como uma coitada e sim como uma importante cientista, independente dela ter chegado à conclusão ou não.

E24 – Segundo a abordagem alternativa, não era uma corrida, pois o objetivo e foco de Rosalind era outro. Seu olhar para seu objeto de estudo era outro, por isso não enxergava da mesma maneira que os outros dois.

A análise de tais relatos nos permite inferir que, de modo geral, os estudantes participantes da investigação puderam se apropriar dos conceitos trabalhados e compreender os argumentos apresentados de acordo com as duas formas de abordagem (tradicional e alternativa) em História da Ciência. Apesar de nem todos os acadêmicos apresentar a diferença existente entre ambas especificamente, ficou claro que eles compreenderam quais eram de fato os objetivos de pesquisa da cientista Rosalind Franklin, de acordo com a abordagem alternativa e, por que ela deveria ser merecidamente lembrada na História da Ciência, alcançando o nosso objetivo para a questão.

Destacamos, também, que o uso do artigo de história e filosofia nessa etapa da proposta didática desenvolvida, forneceu elementos para subsidiar novas aprendizagens acerca do mesmo episódio, antes apresentado de forma simplificada.

¹³ Rosalind Franklin descobriu que o DNA aparecia sob duas formas: uma forma “seca”, que chamou de forma A e, uma forma mais hidratada, chamada por ela de forma B. A foto 51 era da forma B, a qual tinha se revelado mais fácil de ser compreendida. Contudo, ela arquivou a foto e voltou suas atenções para a forma A, que continuava a se revelar de difícil interpretação. O estudante E16 fez uma troca com relação à escolha das formas do DNA por Franklin.

Em foco o questionário 4 – Q4 / 02 – Análise da segunda pergunta investigativa

A questão que orientou a segunda análise foi: *Após todas as discussões e leituras, se você fosse defender Rosalind Franklin, como você a defenderia?*

O objetivo dessa questão reside no fato de que, segundo nossa percepção, a resposta dada a ela nos permitiria verificar a adesão do estudante ao tipo de abordagem tradicional ou ao tipo de abordagem alternativa do episódio histórico apresentado ou, até mesmo, a adesão a ambos.

A seguir, seguem-se as análises referentes aos registros obtidos em relação a essa questão.

Categoria 4.2.A – Opção pela abordagem alternativa

Na presente categoria foram incluídas as respostas dos 11 estudantes que fizeram opção pelos argumentos apresentados pelo tipo de abordagem alternativa em História da Ciência para descrever uma forma de defender a participação de Rosalind Franklin na descoberta da dupla hélice do DNA. Os relatos a seguir mostram o que nos levou a chegar a tais apreensões:

E1 – Ela não descobriu o modelo de dupla hélice, pois esse não era o objetivo do estudo dela, e sim continuar aprimorando suas técnicas de raio X.

E3 – Apenas justificando pelo fato dela não estar interessada no assunto, não faz parte do contexto social e pessoal de sua vida. Assim, não é possível cobrar nada dela.

E4 – Diria que ela e seus resultados foram importantes para a descoberta da dupla hélice do DNA; porém esta não era a sua intenção, de modo que não pode ser afirmado que ela “perdeu a corrida”.

E5 – Rosalind foi de extrema importância para o resultado final do trabalho, e além de não ter uma visão biológica para analisar os resultados (por ser física) também não estava atrás disso.

E6 – Os objetivos de Rosalind eram outros, portanto, ela não “perdeu” a corrida para descobrir a forma do DNA, pois não fazia parte do trabalho dela.

E14 – Que mesmo não sendo este o foco do trabalho dela, em descobrir a estrutura do DNA, o fato de terem “roubado” os dados não justifica a ideia deles, e que sim, poderiam colocar desde o início o nome dela no trabalho.

E15 – Com uma abordagem pragmática, ou seja, com maior imparcialidade.

E16 – Ela era ótima cientista e não tinha que provar para ninguém, já que sua área de pesquisa era física e não genética.

E20 – Não defenderia no sentido dela não ter descoberto a dupla hélice do DNA, porque ela não estava focada nisso. Mas, acho que é de importância o

reconhecimento dela em um contexto de que se não houvesse as suas contribuições científicas, talvez a descoberta da dupla hélice fosse realmente mais tardia do que foi.

E23 – Eu diria que a estrutura do DNA não teria sido descoberta se não fossem as pesquisas feitas por Rosalind, porém a mesma não estava focada em descobrir sua forma, ou seja, suas informações foram visualizadas por outras pessoas, as quais tiraram suas próprias conclusões.

E24 – Sendo seu foco diferente dos outros dois, não era uma corrida. Ela tem sim sua importância na descoberta da estrutura do DNA, principalmente por ser a partir de suas fotografias, mas não foi uma coitada e nem passada pra trás, mesmo porque ela, mesmo depois da apresentação do modelo, continua sua pesquisa e conclui o que tinha como objetivo.

Notamos, com tais registros, que esses estudantes puderam refletir e compreender, ao final da intervenção didática, qual era o real objetivo de pesquisa de Rosalind Franklin e os motivos pelos quais essa cientista deve, merecidamente, ser lembrada na História da Ciência, evidenciando o que outros estudos apontam, que o uso da História da Ciência (realizado de forma completa) pode propiciar discussões construtivas acerca do conhecimento científico possibilitando o surgimento de um pensamento crítico e de uma aprendizagem científica significativa.

Categoria 4.2.B – Opção pelas duas formas de abordagem (tradicional e alternativa)

Essa categoria é constituída pelos registros dos 3 estudantes que, ao descrever uma defesa para Rosalind Franklin, usaram de argumentos (ainda que sucintos) advindos de ambas as abordagens. Os depoimentos que sustentam essa categoria são:

E2 – Da maneira que achei mais plausível. Injustiçada pelo fato de não ter recebido crédito pelos dados utilizados e interpretados por Watson e Crick. Porém, contando quem ela era e o que pesquisava, ou seja, quais as circunstâncias que a levaram à obtenção desses dados.

E22 – Como uma brilhante cientista que “deu” a maior parte do conhecimento para que permitissem a descoberta da forma do DNA. E ela foi passada para trás, importante ressaltar, para que essa descoberta fosse feita.

E25 – Que na verdade ela é a estrela dessa história e só não chegou às conclusões que Watson e Crick chegaram, pois esse não era o foco de sua pesquisa (Grifos nossos).

Percebemos com tais relatos que esses acadêmicos parecem, ainda que de maneira sutil, enxergar os acontecimentos históricos referentes ao episódio de forma pontual. De certa forma, eles acabaram aderindo a alguns aspectos da versão simplificada e até “romanceada” da história apresentada, a qual mostra a cientista Rosalind Franklin como sendo injustiçada, e os cientistas Watson e Crick aparecem como verdadeiros “heróis” desse episódio.

Esse tipo de abordagem consiste em uma versão simplificada do episódio histórico trabalhado (tal qual encontramos na maioria das vezes nos manuais escolares e como foi exibido pelo documentário e pelas discussões direcionadas na terceira etapa).

A Ciência que é apresentada dessa maneira aos estudantes se reduz aos resultados finais (teorias, conceitos, modelos, experiências) sem fazer referência aos problemas dos quais aqueles resultados são a solução. Além disso, as histórias, segundo essa abordagem, reduzem-se a biografias de determinados cientistas ou a conteúdos científicos dispostos linearmente, dando ênfase ao caráter heurístico dos objetos da ciência.

Observamos com tais registros, que esses estudantes ainda encontraram dificuldades para se desvencilhar das “armadilhas” históricas que lhes foram apresentadas por meio da abordagem tradicional, simplificada e tendenciosa do episódio da descoberta da dupla hélice do DNA, visto que mesmo após uma apresentação com um outro tipo de abordagem, com mais elementos, esses estudantes continuaram a ver a cientista Rosalind Franklin como sendo injustiçada.

Ainda, observamos que adjetivos como “estrela” e “brilhante cientista” permanecem nos registros desses acadêmicos, típicos de uma visão descontextualizada, e socialmente neutra da Ciência, caracterizada pelo esquecimento das complexas relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade e que proporciona uma imagem dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”, encerrados em torres de marfim alheios às necessárias tomadas de decisão (GIL PÉREZ *apud* TEODORO 2000, p.55). Naturalmente, o problema não está em admirar pessoas brilhantes, mas sim fomentar a visão de que a construção da Ciência ocorre segundo tais romances.

Por fim, ressaltamos que o estudante E21 não respondeu a essa questão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Refletir quer dizer, ao mesmo tempo:
a) pesar, repesar, deixar descansar,
imaginar sob diversos aspectos o problema, a ideia;
b) olhar o seu próprio olhar olhando,
refletir-se a si mesmo na reflexão;
c) é preciso alimentar o conhecimento com a reflexão,
é preciso alimentar a reflexão com o conhecimento.*

Edgar Morin

Nesta pesquisa, procuramos investigar se o uso da contextualização de episódios históricos, de acordo com uma abordagem em História da Ciência, auxiliaria na educação científica. Nessa busca, optamos por investigar acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas para encontrar respostas a esse questionamento.

Nosso ponto de partida foi elaborar uma proposta didática, inspirada em um estudo de Oliveira (2009), com o objetivo de apresentar a contextualização de um episódio histórico da Biologia com base em uma abordagem tradicional e alternativa em História da Ciência e investigar se os estudantes compreendiam ou não o episódio apresentado. Além disso, também tínhamos como objetivo pesquisar por qual das formas de abordagem os acadêmicos tinham preferência.

Optamos por trabalhar com o controverso episódio da descoberta da dupla hélice do DNA e das discussões que permeiam esse episódio com relação à participação da cientista Rosalind Franklin nessa descoberta.

Participaram dessa investigação 30 acadêmicos, dos quais 15 deles que estiveram presentes nas etapas três e quatro da proposta didática desenvolvida foram analisados detalhadamente por meio da metodologia da Análise de Conteúdo de acordo com Bardin (2004), visto que essas etapas tratam especificamente da apresentação do episódio da descoberta da dupla hélice do DNA.

A proposta desenvolvida no contexto didático contou com quatro etapas, sendo que em todas elas os estudantes responderam a questões referentes ao tema em estudo e ao assunto abordado em cada uma das etapas.

As respostas dos 20 acadêmicos que responderam aos questionários do levantamento prévio e Etapa 1 foram organizadas e acomodadas em gavetas, de acordo com uma leitura flutuante da Análise de Conteúdo, segundo Bardin (2004). Por meio desse movimento, observamos que a maioria dos estudantes demonstrou possuir uma visão de que a História da Ciência consistia em ser apenas um conjunto de fatos e descobertas que ocorreram desde o

surgimento da Ciência e, alguns deles mantiveram essa ideia mesmo após a intervenção didática. Esses acadêmicos relataram ainda, que o interesse deles pelo tema estava relacionado à questão da curiosidade pelos assuntos que estão ligados à temática e, pela importância de se trabalhar com esse tipo de abordagem com o intuito de contribuir com a aprendizagem dos conteúdos das disciplinas relacionadas ao Ensino de Ciências. A maioria dos estudantes também afirmou achar importante a inserção de elementos da História da Ciência no ensino em virtude da contribuição imprimida ao tema para a melhoria no ensino de Ciências e Biologia.

Já as respostas dos 15 estudantes que participaram das etapas três e quatro foram transcritas e analisadas detalhadamente de acordo com os procedimentos e recursos da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2004), visto que os resultados dessas etapas convergiam para a obtenção das respostas para os objetivos por nós traçados. Dessa forma, os registros foram codificados e organizados em categorias e subcategorias.

Na sequência, com o intuito de agilizar a compreensão do que interpretamos na terceira e quarta etapa da pesquisa, apresentamos no Quadro 3 um resumo do processo de análise desenvolvido.

Nesse quadro, descrevemos na primeira coluna o número da questão e a identificação do questionário à qual ela pertence. Na segunda coluna, citamos e descrevemos as categorias e subcategorias que resultaram do processo de análise dos dados; e, a terceira coluna, é composta pelo código dos estudantes representativos de cada uma dessas categorias e/ou subcategorias criadas.

Quadro 3 – Resumo das análises da terceira e quarta etapa

	Categorias e subcategorias	Estudantes
01 questão/ Questionário 3	Categoria: 3.1.A – Aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin.	
	Subcategoria: 3.1.1.A – Aceitação dos argumentos tradicionais, com remissão a necessidade de um maior reconhecimento pelo trabalho desenvolvido por Rosalind Franklin e/ou pela relevância das suas descobertas.	E3, E4, E5, E6, E20, E21, E22, E23, E24, E25
	Subcategoria: 3.1.2.A – Aceitação dos argumentos tradicionais, porém não é apresentada de forma clara pelo depoente.	E1, E2, E14
	Subcategoria: 3.1.3.A – Existe aceitação dos argumentos tradicionais, porém o depoente se contradiz quanto à justificativa.	E15
	Categoria: 3.1.B – Não aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin.	E16
	Categoria: 3.2.A – Razões (tradicionais) para explicar a	E1, E2, E3, E4, E5, E6,

02 questão/ Questionário 3	não descoberta da dupla hélice do DNA por Rosalind Franklin.	E14, E15, E20, E21, E22, E23, E24
	Categoria: 3.2.B – Remissão a linha e objetivo de pesquisa de Rosalind Franklin.	E16, E25
01 questão/ Questionário 4	Categoria: 4.1.A – Diferenças entre as abordagens tradicional e alternativa em História da Ciência em relação ao episódio da descoberta da dupla hélice do DNA.	
	Subcategoria: 4.1.1.A: Apresentação clara entre as duas formas de abordagem do episódio.	E1, E4, E6, E14, E20, E21, E23, E25
	Subcategoria: 4.1.2.A Síntese das abordagens tradicional e alternativa.	E2, E5, E15, E16
	Subcategoria: 4.1.3.A – Descrição apenas da abordagem alternativa.	E3, E22, E24
02 questão/ Questionário 4	Categoria: 4.2.A – Opção pela abordagem alternativa.	E1, E3, E4, E5, E6, E14, E15, E16, E20, E23, E24
	Categoria: 4.2.B – Opção pelas duas formas de abordagem (tradicional e alternativa).	E2, E22, E25

Fonte: da autora

A propósito das análises realizadas na terceira etapa da proposta didática, encontramos para a primeira pergunta investigativa uma grande aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin, de acordo com a visão historiográfica de James Watson proposta no documentário (O Segredo da Vida) que lhes foi apresentado e discutido. Como pode ser observado no Quadro 3, dos 15 acadêmicos analisados, apenas 1 declarou não aceitar os argumentos apresentados e justificou sua resposta afirmando que Rosalind Franklin “não tinha interesse de descobrir a estrutura do DNA, ela não era também competidora com Watson a respeito do DNA (E16)”, evidenciando seu conhecimento a respeito do episódio.

Em relação à segunda pergunta investigativa da terceira etapa, notamos que a maioria dos estudantes investigados (13) se deixou levar pela versão simplificada e tendenciosa do episódio histórico apresentado, pois apontaram várias razões (tradicionais) para explicar a não construção da dupla hélice do DNA por Rosalind Franklin, como, por exemplo, a falta de tempo, de sorte, de comunicação por parte da cientista, entre outras. Apenas 3 acadêmicos argumentaram a não descoberta da estrutura helicoidal do DNA por Franklin, em virtude da sua formação e objetivo de pesquisa, revelando uma compreensão mais aprofundada a respeito do episódio por parte desses pesquisados.

No que se refere à quarta etapa, para a primeira pergunta investigativa, 8 estudantes descreveram especificamente a diferença entre ambas as abordagens apresentadas em relação ao episódio histórico e os outros 4 não apresentaram claramente uma distinção entre as

abordagens, contudo, apresentaram uma síntese geral das duas e apenas 3 deles descreveram somente a abordagem alternativa.

Em relação à segunda pergunta investigativa da quarta etapa, notamos que 11 estudantes fizeram opção pelos argumentos apresentados pelo tipo de abordagem alternativa em História da Ciência para descrever uma forma de defender a participação de Rosalind Franklin na descoberta da dupla hélice do DNA e, apenas 3 acadêmicos ao descrever uma defesa para a cientista, usaram de argumentos (ainda que sucintos) advindos de ambas as abordagens, como pode ser observado no Quadro 3.

Os resultados encontrados nessa investigação apontam para inúmeros aspectos positivos quanto à utilização da temática História da Ciência nas aulas de Biologia, visto que, a partir da análise categorial dos dados, foi possível observar que os estudantes, apesar dos percalços encontrados pelo caminho (como se deixar levar a princípio pela história simplificada), conseguiram compreender o controverso episódio histórico da construção da molécula da dupla hélice do DNA ao final da intervenção didática e souberam, de modo geral, como diferenciar os dois tipos de abordagem em História da Ciência que foram utilizadas para abordar o episódio.

Os resultados encontrados por Oliveira (2009), também apontaram diversos aspectos positivos com relação à utilização de uma abordagem contextualizada em História da Ciência, além de um crescente interesse dos acadêmicos, em especial, aos aspectos históricos, o que vem ao encontro de tantos trabalhos já publicados e que apontam para o fato de que os estudantes se sentem mais motivados ao trabalhar com essa temática.

Dessa forma, o uso de uma abordagem em História da Ciência se mostrou eficaz na contextualização do episódio histórico apresentado neste estudo, evidenciando que os estudantes puderam alcançar um nível de reflexão maior acerca das discussões propostas, conseguindo (pelo menos a maioria deles) se desvencilhar das armadilhas históricas que foram apresentadas, além de assinalar evidências de que essa abordagem pode facilitar a educação científica, como apontado por outras pesquisas.

Outra contribuição observada nesta investigação foi o despertar do interesse dos participantes para o estudo de outros episódios históricos da Ciência.

Contudo, no decorrer dessa pesquisa, notamos que o uso de uma abordagem em História da Ciência na educação, além de não ser algo simples, demanda conhecimento epistemológico e historiográfico acerca da História da Ciência.

Encontramos pelo caminho algumas dificuldades, como a limitação do tempo didático, a falta de pré-requisitos conceituais básicos dos acadêmicos acerca da Ciência, além de

algumas visões distorcidas apresentadas por esses estudantes a respeito do episódio histórico que foi apresentado. No entanto, sabemos que não é possível modificar significativamente certas concepções por ultrapassarem o limite da proposta didática por nós desenvolvida.

A já conhecida falta de hábito de leitura dos estudantes tornou-se evidente nessa pesquisa, mesmo eles sendo acadêmicos em término do curso. Tal constatação ficou evidente ao problematizar aspectos relevantes em relação ao artigo científico que foi trabalhado na última etapa da proposta didática, que talvez por ser um texto extenso, com termos históricos e filosóficos, os pesquisados não aderiram a essa leitura.

Dificuldades com relação à ausência dos acadêmicos nas aulas também foram encontradas nessa investigação, visto que o número de participantes variou muito ao longo da pesquisa e, ao final, poucos (apenas 9 estudantes) estiveram presentes em todas as etapas. A questão da falta de estudantes no decorrer da investigação também foi observada no estudo de Oliveira (2009) que de 28 acadêmicos que iniciaram a pesquisa, somente 8 concluíram.

A diversidade de recursos pedagógicos metodológicos utilizados foi uma estratégia relevante para a apropriação pela maioria dos estudantes das problemáticas propostas para as aulas. Contudo, observamos que mesmo utilizando diferentes maneiras de contextualizar um episódio histórico (filme, aula expositiva, *slides*, artigo científico), e mesmo diante de todo o trabalho desenvolvido, alguns estudantes ainda apresentaram certa dificuldade na contextualização histórica do episódio, se deixando “seduzir” pela versão simplificada e “romanceada” do episódio.

Contraopondo-se os nossos resultados com os de Oliveira (2009), quanto a essa mesma observação (diversidade de recursos pedagógicos metodológicos para trabalhar a contextualização do episódio histórico), a nossa pesquisa apontou, como pode ser observado no Quadro 3, que dos 15 estudantes investigados, apenas 3 apresentaram dificuldades quanto à compreensão contextualizada do episódio apresentado, enquanto que na pesquisa de Oliveira (2009), os investigados de modo geral continuaram apresentando essa dificuldade. Podemos inferir diante de tal comparação, que o uso de uma abordagem em História da Ciência com o passar de 5 anos já promoveu algumas mudanças positivas, revelando ser esse um caminho que ainda tem muito a ser percorrido por outros pesquisadores da área.

Diante de tal constatação, concordamos com a colocação de Allchin (2003, p.329) quando diz que: “O problema, eu acredito, não é a ausência de história. Ao contrário, a preocupação deve ser com o tipo de história que é utilizada”. O autor se refere aqui às

histórias¹⁴ que, embora sejam baseadas em fatos reais, apresentam uma distorção em seu contexto histórico e, com isso, veiculam “estereótipos indevidos” sobre a Natureza da Ciência.

Dessa forma, para que a História da Ciência auxilie na compreensão da Ciência e do fazer científico, o professor deve estar atento ao tipo de história que está apresentando aos seus alunos, de forma que, se for para apresentar uma falsa história ou uma história distorcida, é melhor que não utilize esse tipo de abordagem.

De forma geral, desconstruindo “verdades”, os estudantes aqui pesquisados puderam aprender a questionar as antigas certezas e se apossar de um discurso epistemológico mais próximo da Biologia real, onde o conhecimento científico é visto não como sendo único, mas como uma atividade humana, viva e repleta de debates.

Esperamos que este estudo, apesar de breve, possa contribuir, ainda que modestamente, para o necessário debate acerca da inserção da História da Ciência no ensino de Ciências/Biologia, bem como na formação inicial de professores dessa área de ensino.

Terminamos essa pesquisa certos de que o seu encerramento não significa o seu final, mas sim a oportunidade de iniciar outras, uma vez que com a conclusão da presente dissertação as nossas indagações aumentaram.

Acreditamos que quando os estudantes responderam às questões por nós propostas, eles poderiam estar, de certa forma, ‘contaminados’ pelo que foi apresentado ao longo de todas as etapas da proposta didática desenvolvida. Em razão disso, não desconsideramos a possibilidade de esses caminhos serem retomados com o intuito de ampliar e aprofundar as nossas investigações em relação ao uso da abordagem em História da Ciência no ensino, repetindo a dinâmica da presente pesquisa usando outros episódios da História da Ciência, discutindo melhor os depoimentos dos estudantes, com base na própria História e Epistemologia da Ciência e utilizando a metodologia da Análise de Discurso, por exemplo.

Reconhecemos, ainda, que uma melhor elaboração das questões visando focar na investigação dos objetivos específicos da pesquisa poderia trazer informações mais precisas acerca da investigação a que nos propomos desde o levantamento prévio. Assim, presumimos que ainda há muito que investigar e nossa pesquisa deixa um caminho que pode ser percorrido por outros pesquisadores do grupo ou por aqueles que, de modo geral, se interessam pelo tema, a fim de encontrar mais evidências de aprendizado por meio do uso de abordagens em História da Ciência.

¹⁴ Allchin (2003, p.329) refere-se às histórias populares da ciência que romantizam os cientistas e dramatizam suas descobertas e todo o processo da ciência em uma proporção monumental.

REFERÊNCIAS

- ACOT, P. A dupla revolução da dupla hélice. **Ciência & Ambiente**, v. 26, p.7-26, 2003.
- _____. **História das Ciências**. Trad. José Espedeiro Martins. Lisboa/Portugal: Edições 70, 2001.
- ALCCHIN, D. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, n. 3, p.179-195, apr. 2004.
- _____. Sobre o Papel da História da Ciência no Ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira da História da Ciência**, v. 9, p.3-5, 1990.
- ANDRADE, M. A. B. S.; ANDRADE CALDEIRA, A. M. O modelo de DNA e a Biologia Molecular: inserção histórica para o Ensino de Biologia. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, n. 1, p.139-165, 2009.
- ÁRIAS, G. **Em 1953 foi descoberta a estrutura do DNA**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 22 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 44). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do44.htm>. Acesso em: 29 jul. 2013.
- BACHELARD, G. **A Actualidade da História das Ciências**. In: Manuel Maria Carrilho (Org.). Epistemologia: Posições e Críticas: Serviço de Educação – Fundação Calouste Gulbenkian de Lisboa, p.68-87, 1991.
- BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. **Variações da história da ciência no ensino de ciências**. In: E. F. Mortimer (Org.), Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2008.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- _____. **Análise de conteúdo**. 3.ed. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P. A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Ciência & Educação**, v. 5, p.83-94, 1998.
- BASSALO, J. M. F. A importância do estudo da história da ciência. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 8, p.57-66, 1992.
- BASTOS, F. **História da Ciência e pesquisa em ensino de ciências**: breves considerações. In: NARDI, R. (Org.). Questões atuais no Ensino de Ciências. São Paulo: Escrituras, p.43-52, 1998.
- BATISTETI, C. B.; ARAÚJO, E. S. N.; CALUZI, J. J. As interpretações dos estudos de Avery, MacLeod e MacCarty sobre a natureza química do fator transformante em bactérias. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, n. 1, p.71-94, 2008.
- BISCAINO, A. P. **O enfoque histórico-filosófico da ciência no ensino e na formação inicial de professores de física**: estudo de caso com licenciados em situação de estágio de

docência. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências e em Matemática) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

BRASIL. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas**. Parecer Cne/Ces nº 1.301/2001, de 6 de novembro de 2001.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2000.

_____. Ministério da Educação e Cultura, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: Ciências Naturais**. Brasília: MEC, 1998.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, in Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, p.364, 1999.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2002.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Orientações curriculares para o ensino médio**. v. 2. Brasília: MEC, 2006.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construída a partir do uso de um texto histórico na escola média. In: **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p.1-22, 2011.

BRITO, A. J.; NEVES, L. S.; MARTINS, A. F. P. **História da Ciência e da Matemática na Formação de Professores**. In: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. (Org.) Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o Novo Ensino Médio. Porto Alegre: Sulina, 2004.

BRODY, D.; BRODY, A. R. **As sete maiores descobertas científicas da história**. Trad. Laura Teixeira Motta. São Paulo: Cia. das Letras, 1999.

BROWN, T. A. **Genética: um enfoque molecular**. 3. ed. Rio de Janeiro: G. Koogan, 1999.

BRUSH, S. G. Should the History Science be rated X? **Science**, v. 183, p.1164-1172, 1974.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

CARVALHO, W. (Org.). **Biologia: o professor e a arquitetura do currículo**. São Paulo: Articulação Universidade/Escola Ltda., 2000.

CASTRO, R. S. **História e Epistemologia da Ciência**: Investigando suas contribuições num curso de Física de segundo grau. Dissertação de mestrado. Instituto de Física/Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1993.

_____. Uma e Outras Histórias. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, p.101-117, 2009.

CHASSOT, A. I. **Alfabetização Científica**: questões e desafios para a educação. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

CHAVES, S. N. História da Ciência Através do Cinema: dispositivo pedagógico na formação de professores de ciências. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 2, p.83-93, 2012.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. New York: Routledge (6. ed.), 2007.

CREAGER, A.; MORGAN, G. **After the double helix**. Isis 99, p.239-272, 2008.

CRICK, F. **What mad pursuit**: a personal view of scientific discovery. Nova Iorque: Harper Collins Publishers, 1990.

DAWSON, M. H. **The interconvertibility of R and S forms of pneumococcus**. The Journal of Experimental Medicine, v. 47, n. 4, p.577-591, 1928.

DELIZOICOV, N. C.; CARNEIRO, M. H. S.; DELIZOICOV, D. O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o do seu ensino. **Ciência e Educação**. Bauru: UNESP, v. 10, n. 3, p.443-460, 2004.

DELIZOICOV, N. C.; SLOGO, I. I. P.; HOFFMANN, M. B. **História e Filosofia da Ciência e formação de professores: a proposição dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas do Sul do Brasil**. In: X Congresso Nacional de Educação EDUCERE e o I Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação SIRSSE, 2011, Curitiba – PR. Anais do X Congresso Nacional de Educação EDUCERE e o I Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação SIRSSE. Curitiba – PR: Champagnat, 2011.

DUARTE, M. da C. A história da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. **Revista Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p.317-331, 2004.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de História e Filosofia da Biologia na Educação Superior. In: NARDI, R. (Org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil**: alguns recortes. São Paulo: Escrituras, p.293-315, 2007.

_____. Notas sobre o ensino de História e Filosofia da Ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, Cibelle Celestino (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para a aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, p.3-21, 2006.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROSA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. **Investigações em ensino de Ciências** – v. 9, n. 3, p.265-313, 2004. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol9_n3_a3.htm>. Acesso em: 6 fev. 2014.

FERREIRA, R. **A história da descoberta da estrutura do DNA**. São Paulo: Odysseus, 2003.

FIORIN, F. G. **Mendel: Pai da Genética ou um membro de uma tradição de pesquisa?** 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p.109-123, 2003.

GAGLIARDI, R. Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p.291-296, 1988.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 4, n. 3, p.253-258, 1986.

GIASSI, M. A. **Contextualização no Ensino de Biologia: um estudo com professores da rede pública estadual do município de Criciúma**. Dissertação de doutoramento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GIASSI, M. G.; MORAES, E. C. de. A contextualização no ensino de biologia: abordagens preliminares. Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências. V ENPEC, 2005 Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/autores0.html>>. Acesso em: 15 de nov. 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un Modelo de Enseñanza / Aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p.197-212, 1993.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, Bauru: UNESP, v. 7, n. 2, p.125-153, 2001.

GIORDAN, A.; DE VECCHI. **As origens do saber**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

HARRES, J. B. S. Uma revisão nas pesquisas sobre as concepções de professores sobre a natureza da ciência e as implicações para o ensino de ciências. In: **Investigações no Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, 1999.

HAUSMANN, R. **História da Biologia Molecular**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, p.70-91, 2002.

HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M.; PRIETO-PÉREZ, J. L. Un currículo para el estudio de la Historia de la Ciencia en secundaria (la experiencia del seminario Orotava de Historia de la Ciencia). **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 1, n. 18, p.105-112, 2000.

HODSON, D. **Teaching and learning science: towards a personalized approach**. Buckingham: Open University Press, 1998.

HÖTTECKE, D., SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: an analysis of obstacles. **Science & Education**, v. 20, p.293-316, 2010.

KAPITANGO-A-SAMBA, Kilwangy kya. **Papel da História da Ciência nas Licenciaturas em Ciências Naturais e Matemática**. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2005

KAUFFMAN, G. B. History in the Chemistry Curriculum. **Interchange**, v. 20, 2, p.81-94, 1989.

KLUG, A. Rosalind Franklin and the double helix. **Nature**, v.248, p.776-779, 1974.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: EPU, 2004.

LIND, G. Models in Physics: some pedagogical reflexions based on the history of science. **European Journal of Science Education**. London, v. 2, n. 1, p.15-23, 1980.

LOMBARDI, O. I. La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos e contraargumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p.343-349, 1997.

MACHADO, N. J. **Interdisciplinaridade e Contextualização**. In: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): Fundamentação Teórica Metodológica. Brasília: O Instituto, 2005.

MADDOX, B. **Rosalind Franklin, the dark Lady of DNA**. New York: Harper Collins, 2002.

MAESTRELI, S. R. P.; FERRARI, N. O Óleo de Lorenzo: o uso do cinema para contextualizar o ensino de Genética e discutir a construção do conhecimento científico. **Genética na Escola**, v. 3, p.35-39, 2006. Disponível em: <www.sbg.org.br/genética>. Acesso em: 18 jan. 2014.

MARANDINO, M. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p.168-193, 2003.

_____. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. Ensino de Química e História da Ciência: O Modelo Atômico de Rutherford. In: 4º ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – Abrapec, **Anais...**, Bauru, 2003.

MARTINS, A. F. P. História, filosofia, ensino de ciências e formação de professores: desafios, obstáculos e possibilidades. **Educação: Teoria e Prática**, Rio Claro: UNESP, v. 22, n. 40, p.5-25, maio/ago, 2012.

_____. História e filosofia da ciência: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis: UFSC, v. 24, n. 1, p.112-131, 2007.

MARTINS, L. A. P. A História da Ciência e o Ensino de Biologia. In: **Ciência e Ensino**, n. 7, p.18-21, 1998.

MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

_____. Sobre o Papel da História da Ciência no Ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira da História da Ciência**, v.9, p.3-5, 1990.

_____. **Que Tipo de História da Ciência Esperamos Ter nas Próximas Décadas?** In: Episteme/Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências, n. 10 jan./jun., p.39-56, 2000.

MASSARANI, L. **Rosalind Franklin: Dama sombria**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2003/dna/fe0703200306.shtml>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p.164-214, 1995.

_____. “Um lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias”, **Comunicación, Lenguaje y Educación**, n 11-12, p.141-155, 1991.

_____. **Science Teaching**. London: Rutledge, 1994.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: UnB, 1998.

MEDEIROS, A. J. G. A história da ciência e o ensino da física moderna. In: NARDI, Roberto (org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. 2 ed. São Paulo: Escrituras, p.273-292, 2007.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2011.

MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p.7-32, 1999.

_____. Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela Análise Textual Discursiva. **Ciência e Educação**, v. 9, n. 2, p.191-211, 2003.

MORANGE, M. **A history of molecular biology**. Trad. Matthew Cobb. Cambridge: Harvard University Press, 1998.

NASCIMENTO, V. B. A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thompson, p.35-58, 2006.

NIELSEN, H.; THOMSEN, P. V. The Incorporation of History and Philosophy of Science in Physics Education in Denmark. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 36, n. 1, p.27-33, 1990.

OKI, M. C. M. **A história da química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA**. Salvador, 2006. Doutorado Universidade Federal da Bahia, 2006.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da Natureza da Ciência. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 1, p.67-88, 2008.

OLBY, R. **The path to the double helix**. London: MacMillan, 1974.

OLIVEIRA, T. H.; SANTOS N. F.; BELTRAMINI, L. M. O DNA: uma sinopse histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, v. 1, p.1-16, 2004.

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. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2009.

ORTIZ, L. C. **A fantástica descoberta da estrutura do DNA faz 50 anos**. *Cienc. Cult.* [online], v. 55, n. 2, p.22-22, 2003.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências – Física Básica) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a Utilização Didática da Ciência no ensino: considerações críticas. In: PIETROCOLA M. (Org.). **Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integrada**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

PEREIRA, A. I.; AMADOR, F. A. História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, 2007.

PIPPER, A. **Light on a dark lady**. Trends in Biochemical Sciences, v. 23, p.151-154, 1998.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, F. “Una análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria”. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p.350-354, 1994.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência e Educação**. Bauru: UNESP, v. 13, n. 2, p.141-156, 2007.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p.1-16, 2009.

RICARDO, E. **Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização**: dos parâmetros curriculares nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências. Tese de Doutorado, PPGECT/ UFSC – SC, 2005.

ROSA, S. R. G.; DA SILVA, M. R. A História da Ciência nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p.59-78, 2010.

RUTHERFORD, F. **Ciência para todos**. Lisboa: Gradiva, 1995.

SÁNCHEZ-RON, J. Usos y abusos de la historia de la Física en la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p.179-188, 1988.

SANTOS, C. H.; SILVA, M. R. História ilustrativa e integrada nos livros didáticos de Biologia. In: Anais do I Encontro Nacional de Ensino de Biologia e III Encontro Regional de Ensino de Biologia da Regional RJ/ES. **Anais...**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia, p.787-790, 2005.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, nov. 2007.

SAYRE, A. **Rosalind Franklin and DNA**. New York: W. W. Norton & Company, 1975.

SCHEID, N. M. J. **A contribuição da história da biologia na formação inicial de professores de ciências biológicas**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

_____. **Contribuições do cinema na formação inicial de professores de ciências biológicas**. Disponível em:

<http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_006/artigos/artigos_vivencias_06/artigo_002.htm - ftn1Vivências, Erechim, v. 04, n. 06, outubro/2008>. Acesso em: 21 dez. 2013.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. The collective scientific knowledge production on the DNA structure. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p.223-233, 2005.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p.157-181, 2007.

SELYA, R. Defined by DNA: the intertwined lives of James Watson and Rosalind Franklin. **Journal of the History of Biology**, v36, p.591-597, 2003.

SEQUEIRA, M.; LEITE, L. A história da ciência no ensino-aprendizagem das ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 1, n. 2, p.29-40, 1988.

SILVA, B. V. C. **Controvérsias sobre a natureza da luz: uma aplicação didática**. Natal, RN, UFRN, 2010. 180 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Exatas, Centro de Ciências Naturais Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo: SBF, v. 30, n. 1, C. 1602, 2008.

SILVA, C. P. *et al.* Subsídios para o uso da história das ciências no ensino: exemplos extraídos das geociências. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p.497-517, 2008.

SILVA, E. N.; TEIXEIRA, R. R. P. A história da ciência nos livros didáticos. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Vitória, 2009.

SILVA, M. R. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. **Scientiae Studia** (USP), v. 8, p.69-92, 2010a.

_____. Maurice Wilkins e a polêmica acerca da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 2, p.369-384, 2010b.

_____. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. In: Martins, L. A. P. *et al.* (Org.). **Filosofia e história da biologia**. São Paulo: ABFHIB, p.297-310, 2007.

SILVA, M. R.; OLIVEIRA V. As dificuldades da contextualização histórica no ensino de Biologia. In: VI ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA. Santo Ângelo: URI, 2013.

SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; VILAS BOAS, A. A HISTÓRIA DA DUPLA HÉLICE DO DNA NOS LIVROS DIDÁTICOS: SUAS POTENCIALIDADES E UMA PROPOSTA DE DIÁLOGO. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 19, n. 3, p.599-616, 2013.

SILVEIRA, H. E. **A história da ciência em periódicos brasileiros de química: contribuições para formação docente**. 2008. 256 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SLONGO, I. I.; DELIZOICOV, D. Reprodução humana: abordagem histórica na formação dos professores de Biologia. **Contrapontos**. Itajaí, v. 3, n. 3, p.435-447, 2003.

SNOW, C. **Two cultures and a second look**. Cambridge: Cambridge University Press, 1969.

SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOT, L.; MCCARTHY, S. Teaching About the Nature of Science Through History: Action Research in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p.409-421, 1992.

SPELTINI, T. C.; CORNEJOS, N. J.; IGLESIAS, A. I. La epistemología de Reichembach aplicada al desarrollo de trabajos prácticos contextualizados (TPC). **Ciência & Educação**, v 12, n. 1, p.1-12, 2006.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

TEODORO, S. R. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2000.

TERNES, A. P. L.; SCHEID, N. M. J.; GÜLLICH, R. I. C. A história da ciência em livros didáticos de ciências do ensino fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. Atas... Florianópolis, ABRAPEC, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1677.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2014.

TORTOLA, E.; ALMEIDA, L. M. W. de; PASSOS, M. M. Os registros dos estudantes em uma atividade de modelagem matemática: um olhar à luz de uma análise de conteúdo. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 5, p.31-44, 2012.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1987.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

VILAS BOAS, A. **A Natureza da Ciência no ensino de Ciências conforme artigos publicados em periódicos nacionais e o seu ensino por meio de narrativas históricas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

VISITAÇÃO, V. L. **O episódio da construção do modelo de dupla hélice nos livros didáticos de Biologia PNLD/2012**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

WANG, A.; MARSH, D. D. Science instruction with humanistic twist: teachers' perception and practice in using the history of science in their classrooms. **Science & Education**, n. 11, p.169-189, 2002.

WATSON, J. **DNA: o segredo da vida**. Companhia das Letras, 2003.

WATSON, J. D. **La double hélice**. Paris: Robert Laffont, p.41 (primeira edição americana: *The Double Helix*, 1968).

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*, v. 171, p.964-967, 1953.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education. **Physics Education**, 14, 108-112 (Part I), 239-242 (Part II). 1979.

ZAMBERLAN, E. S. J.; SILVA, M. R. O ensino da evolução biológica e sua abordagem em livros didáticos. **Educação e Realidade**, Porto Alegre: UFRGS, v. 37, n. 1, p.187-212, 2012.

ZANETIC, J. Mesa-Redonda: Influência da História da Ciência no Ensino de Física. In: **Cad. Catarinense de Ens. de Física**. Florianópolis: v. 5, p.76-92, 1988 (n. especial).

APÊNDICES

Apêndice A

AUTORIZAÇÃO

AUTORIZO a estudante ETIANE ORTIZ, regularmente matriculada no Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, a utilizar, parcial ou integralmente, anotações, gravações em áudio ou registros escritos que forem produzidos para fins de pesquisa, podendo divulgá-los em publicações, congressos e eventos da área com a condição de que seja garantido o meu anonimato no relato da pesquisa.

Além disso, comunico que possuo o direito legal de conferir tal permissão.

Declaro ainda que fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) quanto à investigação que será desenvolvida.

/ / 2014

Nome:.....

RG:

ASS.: _____

Apêndice B

Primeiro Questionário Entregue aos Participantes

PROJETO DE PESQUISA - QUESTIONÁRIO

Instruções: Agradecemos a sua colaboração na realização deste estudo, que tem por objetivo, investigar as “Virtudes e Dificuldades da Contextualização Histórica de Episódios da História da Ciência no Ensino de Biologia”. A sua colaboração constitui um fator importante para o êxito desta pesquisa, por isso solicitamos-lhe o preenchimento deste questionário, cujos dados serão usados apenas para fins científicos, garantindo total anonimato.

Dados:

Nome: _____

Curso: _____ Ano do curso que está cursando: _____

Idade: _____

Questionário Prévio

01. O que é para você História da Ciência?

02. Qual o seu interesse por História da Ciência?

Apêndice C

Segundo Questionário Entregue aos Participantes

PROJETO DE PESQUISA - QUESTIONÁRIO

Instruções: Agradecemos a sua colaboração na realização deste estudo, que tem por objetivo, investigar as “Virtudes e Dificuldades da Contextualização Histórica de Episódios da História da Ciência no Ensino de Biologia”. A sua colaboração constitui um fator importante para o êxito desta pesquisa, por isso solicitamos-lhe o preenchimento deste questionário, cujos dados serão usados apenas para fins científicos, garantindo total anonimato.

Dados:

Nome: _____

Curso: _____ Ano do curso que está cursando: _____

Idade: _____

Etapa 01

01. Diante do que foi exposto, o que você compreende por História da Ciência?

02. Você considera importante a presença de elementos da História da Ciência no ensino? Por quê?

Apêndice D

Terceiro Questionário Entregue aos Participantes

PROJETO DE PESQUISA – QUESTIONÁRIO

Instruções: Agradecemos a sua colaboração na realização deste estudo, que tem por objetivo, investigar as “Virtudes e Dificuldades da Contextualização Histórica de Episódios da História da Ciência no Ensino de Biologia”. A sua colaboração constitui um fator importante para o êxito desta pesquisa, por isso solicitamos-lhe o preenchimento deste questionário, cujos dados serão usados apenas para fins científicos, garantindo total anonimato.

Dados:

Nome: _____

Curso: _____ Ano do curso que está cursando: _____

Idade: _____

Etapa 03

01. Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin?

02. Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?

Apêndice E

Quarto Questionário Entregue aos Participantes

PROJETO DE PESQUISA – QUESTIONÁRIO

Instruções: Agradecemos a sua colaboração na realização deste estudo, que tem por objetivo, investigar as “Virtudes e Dificuldades da Contextualização Histórica de Episódios da História da Ciência no Ensino de Biologia”. A sua colaboração constitui um fator importante para o êxito desta pesquisa, por isso solicitamos-lhe o preenchimento deste questionário, cujos dados serão usados apenas para fins científicos, garantindo total anonimato.

Dados:

Nome: _____

Curso: _____ Ano do curso que está cursando: _____

Idade: _____

Etapa 04

01. Explique a defesa de Rosalind Franklin segundo a abordagem alternativa, e explique também, a diferença entre a defesa nessa abordagem e a abordagem tradicional.

02. Após todas as discussões e leituras, se você fosse defender Rosalind Franklin, como você a defenderia?