

BEATRIZ CARVALHO ALMEIDA

**ANÁLISE DE CASOS HISTÓRICOS DA
CIÊNCIA ESTUDADOS SOB A PERSPECTIVA
DA CIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO PARA
FAVORECER REFLEXÕES POR PARTE DE
LICENCIANDOS SOBRE NATUREZA DA
CIÊNCIA**

Belo Horizonte, 2019

BEATRIZ CARVALHO ALMEIDA

**ANÁLISE DE CASOS HISTÓRICOS DA CIÊNCIA
ESTUDADOS SOB A PERSPECTIVA DA CIÊNCIA
EM CONSTRUÇÃO PARA FAVORECER
REFLEXÕES POR PARTE DE LICENCIANDOS
SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação em Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Belo Horizonte

2019

A447a
T

Almeida, Beatriz Carvalho, 1993-

Análise de casos históricos da ciência estudados sob a perspectiva da ciência em construção para favorecer reflexões por parte de licenciandos sobre natureza da ciência [manuscrito] / Beatriz Carvalho Almeida. - Belo Horizonte, 2019.

189 f., enc, il.

Dissertação -- (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Orientadora: Rosaria Justi.

Bibliografia: f. 161-166.

Anexos: f. 167-184.

Apêndices: f. 185-189.

1. Educação -- Teses. 2. Professores -- Formação -- Teses. 3. Ciência -- História -- Estudo e ensino (Superior) -- Teses. 4. Ciência -- Estudo e ensino (Superior) -- Teses. 5. Ciência-- Métodos de ensino -- Teses. 6. Professores de ciências -- Formação -- Teses.

I. Título. II. Justi, Rosaria da Silva. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 112.109



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Investigando o potencial da História da Ciência estudada na perspectiva da ciência em construção para favorecer reflexões sobre Natureza da Ciência de professores em formação. Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em 14 de fevereiro de 2019, pela banca constituída pelos membros:

Rosaria Justi

Prof.^a Dr.^a Rosaria Justi – UFMG – Orientadora

Andreia Guerra de Moraes

Prof.^a Dr.^a Andreia Guerra de Moraes – CEFET/RJ

Luiz Gustavo D'Carlos Barbosa

Prof. Dr. Luiz Gustavo D'Carlos Barbosa – UFMG

Stefanie de Sá Ibraim

Prof.^a Dr.^a Stefanie de Sá Ibraim – UnB

Nothing in life is to be feared, it is only to be understood. Now is the time to understand more, so that we may fear less.

Marie Curie

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Rosária Justi, por todos os ensinamentos, pelo tempo dedicado à minha formação e por suas elevadas expectativas, as quais me motivaram a dar o melhor de mim neste trabalho.

Aos colegas do grupo de pesquisa REAGIR – Modelagem e Educação em Ciências, por todo apoio, incentivo e pelas valiosas contribuições.

À minha querida família, por ter me ensinado as lições mais valiosas que eu poderia aprender.

À minha querida amiga Monique, por compartilhar comigo todas as alegrias e obstáculos deste processo.

A todos os meus amigos, em especial à Thais e Gabi, pelas conversas e risadas que tornaram este caminho mais leve.

Às minhas queridas professoras Paula, Nilmara e Clarice, por sempre acreditarem em mim e por terem me ensinado a não ter medo errar.

Aos licenciandos que aceitaram participar desta pesquisa.

Aos professores Andreia Guerra, Luis Gustavo Barbosa, Stefannie Ibraim e Roberta Corrêa, por aceitarem compor a banca avaliadora.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo investigar o potencial de se abordar a História da Ciência (HC) sob a perspectiva da ciência em construção, em um curso de formação de professores. Para isso, uma disciplina optativa foi implementada em um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública localizada na região Sudeste do país. Esta disciplina teve por objetivo discutir possíveis maneiras de inserir a História da Química no ensino. Neste sentido, alguns casos históricos foram abordados como uma maneira de ampliar os conhecimentos dos licenciandos sobre aspectos históricos da disciplina que irão lecionar futuramente e de favorecer reflexões sobre Natureza da Ciência (NdC). Para tanto, a perspectiva de Allchin foi utilizada para a inserção da HC nesta disciplina. Segundo este autor, a história deve ser estudada sob a perspectiva da “ciência em construção”, ou seja, a ciência deve ser entendida como um processo. Por isso, deve-se analisar a história não a partir dos conhecimentos que temos hoje, e sim, à luz dos conhecimentos que eram aceitos em um dado contexto histórico, de forma a compreender como as ideias foram evoluindo na ciência. Para a coleta de dados, foram feitos registros em áudio e vídeo de todas as aulas e atividades que ocorreram ao longo da disciplina. Além disso, todos os licenciandos que participaram da disciplina responderam a alguns questionários e participaram de entrevistas semiestruturadas. Para a análise dos dados, dois estudos de caso foram produzidos, os quais possibilitaram compreender: como determinados elementos presentes nos casos históricos favoreceram reflexões sobre NdC; como os licenciandos podem utilizar seus conhecimentos sobre NdC para pensar criticamente sobre tópicos relacionados à ciência; e qual a relevância das reflexões sobre NdC que ocorreram ao longo da disciplina para a formação dos licenciandos enquanto futuros professores. Os resultados obtidos neste estudo indicam que abordar a HC sob a perspectiva da ciência em construção pode favorecer reflexões sobre um amplo espectro de aspectos de NdC. Em nossa análise, identificamos que determinados elementos que constituem os casos históricos favorecem reflexões relacionadas às diversas etapas que compõem o processo de construção do conhecimento científico. Tais resultados se mostram especialmente relevantes ao compará-los àqueles obtidos a partir de estudos que utilizam a abordagem explícito-reflexiva para inserir a HC nos cursos de formação de professores. Além disso, a abordagem utilizada para se abordar a HC favoreceu a manifestação de conhecimentos importantes para informar futuras decisões sociocientíficas e nortear práticas docentes relacionadas ao ensino de NdC.

Palavras chave: Natureza da Ciência. História da Ciência. Formação de professores.

ABSTRACT

The current study aims at investigating the potential of a History of Science-based approach, from the perspective of science in construction, in a teacher training course. Therefore, an elective discipline was implemented in a teacher's education chemistry degree course, from a public university located in the South-eastern of the country. This course aims at discussing possible ways to include History of Chemistry into teaching. In order to reach such an aim, some historical cases were discussed as a way to broaden the pre-service teachers' knowledge on the historical aspects of the discipline that they will teach in the future and to support reflections on Nature of Science (NOS). This was done from the use of Allchin's perspective to focus history of science in the discipline. According to him, history should be studied from the perspective of science in construction, that is, science should be understood as a process. Thus, in order to understand how ideas evolved in science, one should analyse history not from the knowledge we have today, but in the light of the knowledge that was accepted in a given historical context. Data were collected from audio and video recordings of all the classes and activities that were made throughout the discipline. In addition, all the pre-service teachers who participated in the discipline answered some questionnaires and participated in semi-structured interviews. For supporting the data analysis, two case studies were produced. They made it possible to understand: how certain elements present in historical cases favoured reflections on NOS; how pre-service teachers can use their knowledge about NOS to think critically about science-related topics; and what is the relevance of the reflections on NOS for the future actions of the pre-service teachers. The results of this study indicate that analysing history of science from the perspective of the science in construction can support reflections on a broad spectrum of aspects of NOS. In the analysis, we identified that certain elements that constitute the historical cases supported reflections related to several stages that make up the process of scientific knowledge construction. Such results are especially relevant when compared to those obtained from studies that use the explicit-reflexive approach to include history of science in teacher education. In addition, the approach used to address history of science contributed to the manifestation of important knowledge to support future socio-scientific decision making and to guide teaching practices related to the teaching of NOS.

Keywords: Nature of Science. History of Science. Preservice teachers.

SUMÁRIO

1	SOBRE A IMPORTÂNCIA DE ENSINAR SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA.....	1
1.1	Sobre um ensino funcional de Natureza da Ciência	7
1.2	Casos Históricos: Uma estratégia para o ensino funcional de Natureza da Ciência....	13
1.3	O pensamento crítico e o ensino de Natureza da Ciência	17
2	NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	22
3	QUESTÕES DE PESQUISA.....	32
4	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	34
4.1	Contextualização da pesquisa	34
4.2	Atividades desenvolvidas na disciplina	36
4.2.1	<i>Atividade 1. Questionário I</i>	36
4.2.2	<i>Atividade 2. Guardachuvologia</i>	36
4.2.3	<i>Atividade 3. História da Química em livros didáticos</i>	37
4.2.4	<i>Atividade 4. Outras visões sobre História da Química em livros</i>	37
4.2.5	<i>Atividade 5. Analisando a História da Química em materiais instrucionais</i>	38
4.2.6	<i>Atividade 6. Kits de casos históricos</i>	39
4.2.7	<i>Atividade 7. Análise do caso histórico Marie Curie</i>	40
4.2.8	<i>Atividade 8. Questionário II</i>	41
4.2.9	<i>Atividade 9. Análise de um caso contemporâneo</i>	41
4.2.10	<i>Atividade 10. Aspectos históricos sobre a Hipótese de Avogadro</i>	42
4.2.11	<i>Atividade 11. Hipótese de Avogadro e comportamento de substâncias gasosas em diferentes condições de temperatura e pressão</i>	43
4.2.12	<i>Atividade 12. Elaboração e implementação de uma aula simulada</i>	43
4.3	Metodologia de coleta de dados	44
4.3.1	<i>Observação direta e registro em áudio e vídeo</i>	44
4.3.2	<i>Questionários e registro das atividades</i>	45
4.3.3	<i>Entrevistas</i>	45
4.4	Metodologia de análise de dados	46

4.4.1	<i>Adaptação do inventário de 'Dimensões de Confiabilidade na Ciência'</i>	50
4.4.2	<i>Utilizando o inventário das DCC na análise dos dados</i>	62
5	RESULTADOS	64
5.1	Caso I: Diana	64
5.1.1	<i>Evento I. Afinal, o que é ciência?</i>	64
5.1.2	<i>Evento II. Aventurando pelos casos históricos</i>	69
5.1.3	<i>Evento III: O caso Marie Curie</i>	74
5.1.4	<i>Evento IV: Elaborando uma aula simulada</i>	80
5.1.5	<i>Evento V: Entrevista</i>	88
5.2	Caso II: Maria	95
5.2.1	<i>Evento I: Afinal, o que é ciência?</i>	95
5.2.2	<i>Evento II: Aventurando pelos casos históricos</i>	101
5.2.3	<i>Evento III: O caso Marie Curie</i>	106
5.2.4	<i>Evento IV: Elaborando uma aula simulada</i>	111
5.2.5	<i>Evento V: Entrevista</i>	115
6	ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO	123
6.1	História da Ciência em construção e as reflexões sobre Natureza da Ciência ... 123	
6.1.1	<i>Os kits de casos históricos</i>	124
6.1.2	<i>O caso Marie Curie</i>	129
6.1.3	<i>Elaboração da aula simulada e reflexões sobre a ciência em construção</i>	134
6.2	Por que História da Ciência em construção?	139
6.3	História da Ciência (em construção) e Pensamento Crítico	143
6.4	A História da Ciência na formação de professores	149
7	CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES	155
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
	ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO I	167
	ANEXO 2 - GUARDACHUVOLOGIA	169
	ANEXO 3 – HISTÓRIA DA QUÍMICA EM LIVROS DIDÁTICOS	170
	ANEXO 4 - OUTRAS VISÕES DA HISTÓRIA DA QUÍMICA EM LIVROS	171

ANEXO 5 – ANALISANDO A HC EM MATERIAIS INSTRUCCIONAIS	172
ANEXO 6 – KITS DE CASOS HISTÓRICOS	174
ANEXO 7 - ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE A HIPÓTESE DE AVOGADRO	175
ANEXO 8 - HIPÓTESE DE AVOGADRO E COMPORTAMENTO DE SUBSTÂNCIAS GASOSAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E PRESSÃO	176
APÊNDICE 1 – ANÁLISE DO CASO HISTÓRICO MARIE CURIE	185
APÊNDICE 2 - QUESTIONÁRIO II	186
APÊNDICE 3 - ANÁLISE DE UM CASO CONTEMPORÂNEO.....	187
APÊNDICE 4 – ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA AULA SIMULADA	188
APÊNDICE 5 - ROTEIRO PARA ENTREVISTA.....	189

1 SOBRE A IMPORTÂNCIA DE ENSINAR SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA

Ao analisar os propósitos para o ensino de ciências ao longo da história, é possível notar que eles se modificaram na medida em que a sociedade também modificou seus objetivos e expectativas relacionados à formação de seus cidadãos. Nesse sentido, Carvalho (2001) destaca que, no início do século XX, o objetivo mais imediato do ensino de ciências era que os estudantes desenvolvessem habilidades intelectuais por meio do treino de operações mentais. Na década de 1960, esses objetivos se modificaram, passando a contemplar a ideia de que os estudantes tivessem domínio do “método científico” – uma série de passos realizados de forma algorítmica – por meio do qual acreditava-se que o conhecimento científico é construído. Segundo Wang e Marsh (2002), essa mudança nos objetivos para o ensino de ciências no contexto norte-americano ocorreu, especialmente, devido ao lançamento do satélite *Sputnik I* pela União Soviética. Isto resultou em tentativas de promoção de um ensino que pudesse formar cientistas aptos a competir com os pesquisadores da União Soviética. Visando atender novas demandas, os objetivos para o ensino de ciências se modificaram nos últimos anos. Ao analisar os objetivos preconizados por alguns documentos oficiais de ensino, é possível constatar a preocupação em promover um ensino de ciências que contribua, sobretudo, para que os estudantes entendam sobre os modos de produção da ciência¹. Tais documentos defendem que a compreensão sobre o modo como o conhecimento científico é produzido pode contribuir para que os estudantes possuam uma visão mais crítica sobre a ciência e, assim, sejam capazes de tomar decisões bem informadas sobre tópicos relacionados à ciência que fazem parte de suas vidas. Por exemplo, o documento *A Framework for K-12 Science Education* (NRC, 2012) argumenta a favor de uma educação científica e tecnológica que seja centrada, sobretudo, na formação de pessoas aptas a compreender e atuar de forma crítica na sociedade, isto é, em educar a população para o exercício da cidadania. Este documento declara que:

Ao final do 12º ano do ensino básico², os estudantes devem possuir conhecimento suficiente sobre as práticas, conceitos e ideias centrais de ciência e engenharia, com vista a engajá-los em discussões públicas sobre

¹ Mesmo reconhecendo que existem várias ciências de naturezas distintas, neste trabalho, utilizamos a palavra “ciência” no singular quando nos referimos a tais áreas de conhecimento ou especificamente à área de ciências naturais. Tal opção foi feita para manter a coerência com a expressão “natureza da ciência”, na qual a identificação da área aparece no singular. Entretanto, sendo coerentes com a nomenclatura frequentemente utilizada em nossa área, utilizamos as expressões “ensino de ciências” e “Educação em Ciências”.

² O 12º ano do ensino básico americano corresponde ao último ano do Ensino Médio das escolas brasileiras.

questões relacionadas à ciência, para serem consumidores críticos de informações científicas relacionadas às suas vidas diárias, e para continuarem a aprender sobre ciência durante suas vidas. Eles devem compreender que ciência e a visão da ciência sobre o mundo resultam de muitas centenas de anos de esforço e criatividade humana. É importante destacar que os objetivos mencionados se estendem a todos os estudantes, não se restringindo àqueles que almejam carreiras nas áreas de ciência, engenharia, tecnologia ou que farão curso superior. (NRC, 2012, p. 9)

Além de documentos oficiais de ensino (por exemplo AAAS, 2009; NRC, 2012), programas de avaliação como o *Programme for International Student Assessment* (PISA)³ também consideram pertinente avaliar não apenas conhecimentos relacionados a conteúdos científicos, mas também às habilidades de pensamento crítico de estudantes frente ao conhecimento científico. Dessa forma, estudantes devem compreender sobre como a ciência impacta suas vidas e a sociedade, e ainda, serem capazes de tomar decisões bem informadas sobre questões relacionadas à ciência (OECD, 2006). Nesse sentido, a preocupação em promover um ensino de ciências que contribua para o desenvolvimento de uma visão mais crítica sobre a ciência é algo que se reflete não apenas em documentos oficiais de ensino, mas também em programas de avaliação internacionais.

Sob esta perspectiva, identificamos a preocupação em promover um ensino de ciências que ofereça oportunidades para se refletir sobre o modo como a ciência é construída e, sobretudo, para que tais reflexões possam auxiliar nos processos de tomada de decisão sobre tópicos relacionados à ciência. Nesse sentido, Rudolph e Horibe (2016) argumentam que possuir uma visão crítica sobre ciência é importante para qualquer sujeito que não seja especialista da área de ciência e isso inclui aqueles que, eventualmente, assumirão cargos de liderança e confiança pública. Isso porque tais sujeitos provavelmente terão de se posicionar sobre assuntos tangenciados pela ciência, o que demanda certa compreensão sobre as relações desta com a sociedade.

Visando atingir tais objetivos para o ensino de ciências, o ensino de Natureza da Ciência (NdC) emerge como uma possível alternativa, uma vez que compreender como a ciência é produzida e sobre os valores e atividades que a permeiam, pode contribuir para a formação de pessoas capazes de tomar decisões responsáveis e de exercer a cidadania de forma efetiva tanto em dimensões locais quanto globais (ALLCHIN, 2014, 2017; KHISHFE, 2012; REINERS; BLIERSBACH; MARNIOK, 2017; RUDOLPH; HORIBE, 2016; YACUBIAN, 2015, 2018). É importante esclarecer que a expressão 'Natureza da Ciência' é utilizada neste trabalho no sentido proposto pelo *Boston Working Group* (2013), segundo o qual, o

³ Programa de avaliação internacional implementado pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

entendimento sobre NdC compreende a reflexão sobre aspectos relacionados às diversas disciplinas científicas, por exemplo, a História e Filosofia da Ciência, Antropologia e Etnografia da Ciência, Economia da Ciência, Cognição, Comunicação na ciência, Críticas feminista e marxista (BOSTON WORKING GROUP, 2013). Os pesquisadores deste grupo argumentam que, apesar da controvérsia existente sobre o significado desta expressão, o objetivo é utilizá-la para se referir aos conhecimentos relacionados às práticas científicas que contribuam para informar decisões pessoais e sociais sobre tópicos relacionados à ciência.

Considerando a pertinência de se utilizar discussões sobre NdC como uma forma de promover a compreensão *sobre* ciência, alguns pesquisadores têm proposto abordagens para inserir este tema no ensino. Uma das mais conhecidas é a de Lederman, (2006). Segundo este autor, uma lista de princípios de NdC merecem ser discutidos na educação básica tanto por serem acessíveis aos estudantes – ou seja, não incluem discussões tão complexas quanto aquelas realizadas em cursos de História e Filosofia da Ciência – quanto por serem importantes para suas vidas diárias enquanto cidadãos. Lederman (2006) destaca ainda que, apesar da grande discordância entre filósofos da ciência e cientistas sobre o que é ciência, existe uma série de aspectos que são capazes de caracterizá-la, e que ninguém os coloca em prova. Estes aspectos são comumente denominados de “lista consensual” ou “lista de princípios de Natureza da Ciência”. Os aspectos que compõem tal lista são: *o conhecimento científico é provisório; tem caráter empírico; é norteado por teorias; é produto da inferência, criatividade e imaginação humana; e é influenciado pelo contexto cultural e social*. Existem ainda outros dois aspectos relevantes que são: *diferença entre observação e inferência e funções de, e diferenças entre, teorias científicas e leis*.

Lederman (2006) sugere que o ensino de NdC deve acontecer de forma *explícita* – isto é, aspectos de NC devem ser claramente elucidados e discutidos com os estudantes –, para que assim seja possível promover reflexões sobre ciência. Contudo, não obstante a influência do trabalho deste autor para nortear pesquisas nesta área (por exemplo, FOUAD; MASTERS; AKERSON, 2015; MCCOMAS, 2008; MESCI; SCHWARTZ, 2017; NIELSEN, 2013; WAHBEH; ABD-EL-KHALICK, 2014) o mesmo vem recebendo algumas críticas de outros pesquisadores, conforme discutido adiante.

Outro tipo de abordagem para o ensino sobre NdC que vem sendo discutida na literatura da área é a utilização de questões sociocientíficas (QSC). Autores como Zeidler, Sadler, Applebaum e Callahan (2009) sugerem a utilização de QSC para o desenvolvimento do pensamento crítico, uma vez que estas permitem aos estudantes se engajar em processos de tomada de decisão sobre assuntos atuais e controversos relacionados à ciência. Uma das

vantagens apontadas pelos autores para o uso de QSC é o fato de elas favorecerem a ocorrência de discussões sobre NdC a partir de um contexto científico real, que de fato é influenciado por fatores sociais e culturais, e é baseado em dados e teorias. Outra vantagem, segundo os autores, é que ao se discutir sobre temas que ainda não possuem uma solução ou uma resposta chancelada pela ciência, oportunidades são oferecidas para que os estudantes desenvolvam o pensamento crítico. Nesse sentido, alguns estudos empíricos realizados com estudantes da educação básica e estudantes do ensino superior (EASTWOOD; SADLER; ZEIDLER; LEWIS; AMIRI; APPLEBAUM, 2012; GRACE, 2009; KHISHFE, 2012; LEE, 2012; LEE; GRACE, 2012; SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2013) apontam para o potencial das QSC para o entendimento sobre NdC e, ainda, para desenvolver a habilidade de tomada de decisão sobre temas controversos de ciência.

Irzik e Nola (2011), por sua vez, propõem uma abordagem para se discutir sobre NdC baseada na ideia de “semelhança familiar”. A abordagem proposta pelos autores parte do princípio de que, assim como os membros de uma família podem compartilhar algumas características e serem diferentes em relação a outras, as disciplinas científicas também podem apresentar semelhanças e diferenças entre si. Tais semelhanças e diferenças podem estar relacionadas às *atividades, aos objetivos e valores, às metodologias e regras metodológicas, e aos produtos* de cada disciplina científica. A discussão integrada dos quatro tópicos referentes às disciplinas científicas leva à compreensão de que as atividades da ciência possuem diferentes objetivos e, com o auxílio de metodologias e regras metodológicas apropriadas, são obtidos resultados diversos. Portanto, tais discussões levam à produção de conhecimento.

A abordagem para o ensino de NdC proposta por Irzik e Nola (2011) leva em consideração algumas limitações da lista de princípios de NdC proposta por Lederman (2006). Segundo estes autores, os itens apresentados na lista não são incorretos, mas possuem algumas limitações. Uma delas é que *as listas podem levar a uma visão restrita da ciência*. Por exemplo, a afirmação de que não existe um método científico pode levar à concepção de que não existem regras e critérios para a produção do conhecimento científico. Uma segunda limitação é que *as listas não discutem sobre as diferenças existentes entre as disciplinas científicas* como, por exemplo, o fato de que Astronomia e Cosmologia se diferem da Química por não terem um forte componente empírico. Finalmente, uma terceira limitação se relaciona a *alguns aspectos da lista não serem amplamente discutidos*. Por exemplo, de acordo com a lista de Lederman, a ciência é influenciada por fatores sociais e culturais. Então, por que a ciência é “aceita” em diferentes locais, e em diferentes culturas? Além disso, a lista declara que a ciência é guiada por teorias e é subjetiva. Mas isso faz com

que não haja objetividade na ciência? Se não, por quê? Assim, Irzik e Nola (2011) argumentam que uma das vantagens da abordagem proposta por eles é a discussão sobre as diferenças e similaridades entre as disciplinas científicas, aspecto negligenciado na lista de Lederman. Outra vantagem é que a proposta de semelhança familiar não apresenta uma visão estática em relação ao tempo na ciência. Desse modo, ao se discutir seu desenvolvimento histórico, abre-se espaço para refletir que nem sempre as práticas científicas foram iguais às que temos atualmente.

Allchin (2011) também apresenta críticas à lista de Lederman. Segundo este autor, a lista não se enquadra no objetivo de promover a tomada de decisões pessoais e sociais sobre tópicos que envolvem a ciência. Além disso, não existem dados que demonstrem que a compreensão de aspectos de NdC por si só seja relevante para que alguém possa lidar de maneira efetiva com questões cotidianas relacionadas à ciência. Por este motivo, o ensino de NdC precisa ser *funcional*, e não declarativo (ALLCHIN, 2011), ou seja, deve possibilitar o uso crítico de conhecimentos sobre ciência nas análises de casos e tomadas de decisão. Outra crítica do autor às listas se deve ao fato de que, além de conterem itens que são irrelevantes para uma compreensão *funcional* da ciência, elas omitem outros que são importantes, tais como os papéis da credibilidade, das interações sociais entre os cientistas, de financiamento, da revisão por pares, da fraude e da validação do conhecimento.

Além das críticas relacionadas à lista de princípios de NdC, Allchin (2017) argumenta que algumas propostas, tais como a “semelhança familiar”, não contribuem para a alfabetização científica. Isso porque, na perspectiva do autor, para promover uma compreensão funcional sobre NdC é importante saber avaliar a confiabilidade de afirmações científicas, e não a compreensão de definições formais sobre o que é ou não ciência. Na perspectiva do autor “os professores não devem apenas listar e descrever as dimensões de NdC. Deve-se problematizar NdC. Estudantes devem se engajar em questões sobre NdC, reflexões sobre NdC e na resolução de problemas relacionados à NdC”. (ALLCHIN, 2017, p. 23)

Considerando as limitações das abordagens para o ensino de NdC mencionadas, Allchin, Andersen e Nielsen (2014) sugerem a utilização de exemplos a partir dos quais os estudantes possam ter oportunidades de aplicar seus conhecimentos sobre NdC para analisar questões relacionadas à ciência. Sob essa ótica, os autores argumentam a favor de uma “aprendizagem baseada em casos”, que inclui: *atividades de investigação, casos contemporâneos, e casos históricos*. Allchin *et. al.* (2014) defendem que os três tipos de abordagem são complementares e que, quando utilizados conjuntamente no ensino de ciências, possuem o potencial de contribuir para a alfabetização científica dos estudantes.

Na perspectiva deste autor, alfabetização científica compreende a habilidade de “avaliar a confiabilidade de afirmações científicas relevantes para a tomada de decisões pessoais e sociais” (ALLCHIN, 2014, p. 1911). Desse modo, o ensino de NdC se mostra relevante especialmente pelo seu potencial de possibilitar uma compreensão ampla sobre ciência, e para que esta compreensão contribua para a formação de sujeitos capazes de lidar com informações científicas de forma crítica.

Para promover o ensino denominado funcional, Allchin propõe o conceito de *Whole Science*⁴, uma maneira de compreender a ciência de forma integral. Segundo o autor, uma compreensão ampla sobre a ciência é fundamental para se promover a alfabetização científica. Nesse sentido, Allchin (2013) defende que os estudantes devem adquirir a capacidade de solucionar problemas e tomar decisões sobre questões relacionadas à ciência que permeiam seu cotidiano. Dessa forma, um cidadão bem informado é capaz de pensar de forma crítica sobre pesquisas científicas, ainda que não seja especialista no tema. Isso é possível se um estudante é capaz de reconhecer evidências relevantes; compreender os limites, bem como os fundamentos de afirmações científicas que ainda estão em desenvolvimento; e entender as incertezas que existem na ciência.

Tendo em vista a pertinência de se inserir discussões sobre NdC para promover um ensino de ciências engajado com a formação de sujeitos capazes de lidar de forma crítica e responsável com informações científicas, a proposta de Allchin (2013) para o ensino de NdC foi adotada como aporte teórico deste trabalho. Isso porque a perspectiva para o ensino de NdC defendida por este autor se mostra coerente com os objetivos para a Educação em Ciências atuais. Sendo assim, nos baseamos nesta proposta para a inserir a História da Ciência (HC) em um contexto regular de ensino, visando investigar como casos históricos da ciência, estudados sob a perspectiva da ciência em construção⁵, podem favorecer reflexões por parte de licenciandos sobre Natureza da Ciência. Este objeto de estudo foi proposto uma vez que este trabalho foi realizado no contexto de uma disciplina optativa relacionada à História da Ciência, de um curso de Licenciatura em Química. Na próxima sessão (1.1) apresentamos, de maneira mais detalhada, a proposta de Allchin (2013) para o ensino de NdC. A partir disso, discutimos a perspectiva deste autor para abordar casos históricos, bem como o potencial de se utilizar a HC em contextos regulares de ensino (sessão 1.2). Por fim, na sessão 1.3, discutimos a relevância dos conhecimentos de NdC para favorecer as tomadas de decisão sociocientífica. Para isso, apresentamos outro aporte

⁴ O termo *Whole Science*, traduzido para o português, pode ser entendido como Ciência Integral. Neste trabalho, optamos por usar a expressão original em inglês por acreditarmos que a tradução não exprime exatamente a mesma ideia da expressão original.

⁵ O significado do termo “ciência em construção” será esclarecido mais adiante.

teórico utilizado neste trabalho, o qual contribuiu para nortear algumas discussões que emergiram a partir desta pesquisa.

1.1 Sobre um ensino funcional de Natureza da Ciência

Conforme mencionado anteriormente, Allchin (2013) propõe uma abordagem para o ensino de NdC que seja *funcional*, ou seja, que contribua para a alfabetização científica dos estudantes. Na perspectiva deste autor, alfabetização científica compreende a formação de cidadãos que saibam “avaliar a confiabilidade de afirmações científicas relevantes para a tomada de decisões pessoais e sociais” (ALLCHIN, 2014, p. 1911). Sendo assim, ele utiliza o conceito de *Whole Science*, como uma maneira de caracterizar a ciência de forma ampla, integral e holística, para fundamentar sua proposta. Segundo o autor,

Whole Science, assim como comida integral, não exclui ingredientes essenciais. Ela dá suporte a um entendimento saudável. Metaforicamente, os professores precisam desencorajar uma dieta altamente processada, refinada pela “ciência da escola”. Listas de características de natureza da ciência limitadas e truncadas são simplesmente prejudiciais para a compreensão da ciência. (ALLCHIN, 2013, p. 25)

Allchin (2013) parte do princípio de que, se a alfabetização científica é um objetivo para o ensino de ciências, então os estudantes devem adquirir a capacidade de solucionar problemas e tomar decisões sobre questões relacionadas à ciência que permeiam suas vidas diárias. Sendo assim, para que um estudante “participe” da ciência, ele deve ser capaz de utilizar seus conhecimentos sobre ciência na resolução dessas questões. Nesse sentido, o autor declara que, assim como um crítico de arte é capaz de julgar um trabalho artístico sem necessariamente fazê-lo, um aluno deve ser capaz de interpretar ou criticar a ciência, ainda que não seja um cientista. Assim, na perspectiva do autor, “participar” da ciência não implica no engajamento do estudante no processo de construção do conhecimento científico (tal como os cientistas), e sim, em ser capaz de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas relevantes para possíveis tomadas de decisão. Para isso, é necessário: saber avaliar a credibilidade de evidências; compreender que muitas vezes os especialistas da ciência podem cometer erros, sendo necessário avaliar possíveis incertezas e fontes de erros; e, ainda, compreender que cientistas podem discordar entre si. Logo, para avaliar a credibilidade de afirmações que se contradizem, é necessário entender quais são os métodos usados para garantir confiabilidade, e quais são os seus limites.

Sob essa perspectiva, Allchin *et. al.* (2014) argumentam que um ensino *funcional* de NdC só é possível por meio de abordagens contextualizadas, ou seja, por meio de exemplos a partir dos quais os estudantes possam compreender sobre os modos de produção da

ciência. Segundo os autores, entender como a ciência é produzida pode contribuir para que os estudantes saibam lidar de forma crítica com afirmações científicas. Assim, os autores defendem que as discussões sobre NdC devem acontecer a partir de exemplos, os quais podem ser abordados por meio de *atividades investigativas, casos contemporâneos e casos históricos*. Os autores defendem também que os três tipos de abordagens são complementares e que, quando utilizadas conjuntamente no ensino, possuem o potencial de contribuir para a alfabetização científica dos estudantes.

As *atividades de investigação* têm por objetivo favorecer que os estudantes vivenciem os processos de investigação que acontecem na ciência (SCHWAB, 1962 *apud* ALLCHIN *et. al.*, 2014). Sendo assim, neste tipo de atividade eles podem identificar questões de pesquisa, planejar e conduzir investigações, formular, comunicar e defender hipóteses, modelos e explicações (ABD-EL-KHALICK *et. al.*, 2004; NRC, 2012). Segundo estes autores, ao se engajar em processos investigativos análogos aos da ciência e, ainda, refletir sobre estes processos, os estudantes podem desenvolver algumas habilidades como as de: compreender como são construídas interpretações, modelos e evidências; elaborar hipóteses; conduzir investigações; coletar dados e analisar resultados; e entender como afirmações científicas podem ser defendidas ou criticadas. Não obstante o potencial das atividades investigativas para desenvolver estas habilidades, Allchin *et. al.* (2014) argumentam que as reflexões sobre NdC que surgem a partir das mesmas precisam ser contextualizadas por meio da análise de questões socialmente relevantes. Tal contextualização é importante para que, enquanto cidadãos, os estudantes possam questionar a credibilidade de afirmações científicas a partir do que eles conhecem sobre o modo como investigações são conduzidas na ciência.

Embora as atividades de investigação possuam enorme potencial para engajar os estudantes em práticas análogas às da ciência, Allchin *et. al.* (2014) destacam algumas limitações deste tipo de abordagem. Uma delas é que os problemas aos quais os alunos se dedicam a investigar na escola são relativamente mais simples do que aqueles que de fato são investigados na ciência. Por isso os autores declaram que este tipo de atividade, por si só, não contribui para uma compreensão ampla sobre NdC. Isso porque, conforme mencionado anteriormente, o engajamento em práticas análogas as que ocorrem na ciência não garante que o estudante seja capaz de utilizar os conhecimentos adquiridos em situações socialmente relevantes. Além disso, os autores ressaltam que nem sempre as atividades investigativas permitem discussões sobre alguns aspectos relevantes de NdC, tais como os relacionados à História da Ciência, e às influências de aspectos culturais, econômicos e sociais na ciência.

Outra abordagem defendida por Allchin *et. al.* (2014) para um ensino contextualizado de NdC são os *casos contemporâneos* da ciência. Na perspectiva de Allchin (2013), *casos contemporâneos* são aqueles que envolvem o engajamento em questões sociocientíficas. Estas questões se baseiam em temas que permeiam a vida cotidiana, o que as torna relevante e com o potencial para despertar o interesse dos alunos (ALLCHIN *et. al.*, 2014). Além disso, casos contemporâneos envolvem tópicos sobre os quais a ciência ainda não chegou a um consenso, ou seja, que ainda estão em desenvolvimento. Por este motivo, os alunos precisam realizar uma análise bem informada sobre a questão.

Os casos contemporâneos também auxiliam na compreensão da “ciência em construção” (LATOURE, 1987) – isto é, conhecimentos sobre os quais a ciência ainda não chegou a um consenso – tais como “incerteza, tentativa, subjetividade, múltiplas perspectivas, papel do financiamento, interesses políticos e influência de fatores sociais na ciência” (ALLCHIN *et. al.*, 2014, p. 467). Entretanto, não obstante a pertinência dos casos contemporâneos no ensino, os autores apontam para algumas limitações desta abordagem. Por exemplo, a análise de casos contemporâneos, por si só, não garante que os estudantes consigam “resolver” as controvérsias científicas, ou seja, que serão capazes de chegar a alguma conclusão concreta, por não conseguirem lidar com as incertezas científicas que permeiam alguns casos. Além disso, é difícil para os estudantes avaliar algumas evidências e ainda, analisar os fatores subjetivos que permeiam tais evidências. Sendo assim, os autores declaram que os casos contemporâneos, por si só, não são capazes de promover a alfabetização científica.

Por fim, Allchin *et. al.* (2014) também sugerem a utilização de *casos históricos* como uma abordagem possível para o aprendizado sobre NdC. Segundo os autores, a História da Ciência (HC) deve ser estudada sob a perspectiva da “ciência em construção” (LATOURE, 1987), ou seja, a ciência deve ser entendida como um processo. Por isso, deve-se analisar a história não a partir dos conhecimentos que temos hoje, e sim, à luz dos conhecimentos que eram aceitos em um dado contexto histórico, de forma a compreender como as ideias foram evoluindo na ciência. Sendo assim, os casos históricos devem apresentar aos estudantes todas as incógnitas e incertezas com as quais os cientistas do passado tiveram que lidar, uma vez que são essas incertezas que caracterizam o trabalho dos cientistas atualmente. Portanto, a HC entendida sob a ótica da ciência em construção, também é extremamente relevante para que os estudantes saibam lidar de forma crítica com casos contemporâneos.

Segundo Allchin (2011), os casos históricos permitem aos estudantes aprender sobre aspectos que caracterizam a ciência como, por exemplo, a importância das críticas e dos debates para a produção de conhecimento, o trabalho colaborativo, a

interdisciplinaridade, os conflitos de interesse, o financiamento, a credibilidade do conhecimento e outros. Entretanto, assim como os casos contemporâneos e as atividades investigativas, os casos históricos também possuem limitações com relação ao aprendizado de NdC. Uma delas é que, em alguns casos, a história pode parecer irrelevante para os estudantes, por não ser próxima à realidade deles. Além disso, se esta abordagem se baseia apenas em textos, sem um viés investigativo, não será possível desenvolver habilidades relacionadas às práticas experimentais que permeiam o trabalho científico. Por último, pode ser difícil para professores de ciência aprender sobre HC em um nível que os capacite a implementar esse tipo de abordagem em sala de aula (ALLCHIN *et. al.*, 2014).

Considerando as abordagens contextualizadas de NdC acima referidas, como é possível utilizá-las também como uma maneira para se avaliar conhecimentos de NdC? Segundo Allchin, uma *análise bem informada* das questões propostas a partir de um caso – histórico ou contemporâneo – indica uma *compreensão funcional* da ciência por parte do estudante e, ainda, a relevância desta compreensão para as tomadas de decisão. O autor salienta ainda que a *análise bem informada* de um caso não depende de um conhecimento aprofundado sobre conteúdos científicos, e sim da amplitude e da profundidade com que o estudante entende NdC (ALLCHIN, 2011). Nesse sentido, Allchin (2011) sugere que uma análise bem informada se caracteriza pela demonstração de que os estudantes tiveram as capacidades de: (i) identificar aspectos relevantes de NdC; (ii) articular a relevância destes aspectos para avaliar a confiabilidade de afirmações científicas; e (iii) pensar em informações chave que não foram fornecidas, assim como onde tais informações podem ser encontradas. Sob esta perspectiva, os estudantes podem desenvolver a habilidade de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas utilizando seus conhecimentos sobre NdC. Tais habilidades serão desenvolvidas na medida em que os estudantes se engajarem na análise de casos autênticos da ciência, os quais devem possibilitar reflexões sobre um espectro de dimensões de NdC (ALLCHIN, 2017).

Allchin (2013) argumenta que, para se avaliar a confiabilidade das afirmações científicas, é necessário se ater a cada uma das etapas do processo de construção do conhecimento científico. Nesse sentido, o autor argumenta que existe um histórico que caracteriza o processo de construção de uma afirmação científica. Sob esta perspectiva, ele propõe o inventário de Dimensões de Confiabilidade da Ciência (DCC) (Figura 1.1), que contempla algumas categorias epistêmicas funcionais, as quais apresentam, por meio de uma série de passos, um panorama geral do processo que envolve a elaboração de uma afirmação científica. Estas categorias podem contribuir para que, ao conhecer o histórico

que envolve a elaboração de uma afirmação científica, um estudante seja capaz de avaliar a credibilidade da mesma.

Como destacado anteriormente, na perspectiva de Allchin (2011, 2013, 2017), são as atividades de investigação, os casos históricos e os casos contemporâneos que possibilitam aos estudantes desenvolver a habilidade de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas. Tal habilidade implica na capacidade de o sujeito se engajar em processos de tomada de decisão, sejam estas decisões pessoais ou sociais. O uso do termo “tomada de decisão” tem sido recorrente não apenas nos trabalhos de Allchin, mas na literatura da área relacionada ao ensino de NdC de maneira geral. Contudo, não obstante a utilização frequente deste termo, acreditamos que o mesmo não contempla todos os objetivos que podem ser alcançados a partir do ensino de NdC. Isso porque uma análise bem informada de uma questão relacionada à ciência pode envolver pensamento crítico, mas não uma tomada de decisão. Em outras palavras, não é possível tomar uma decisão sem que haja pensamento crítico. Mas o pensamento crítico sobre um tópico não implica, necessariamente, em uma tomada de decisão sobre o mesmo. Além disso, nem sempre o objetivo de um caso é a tomada de decisão, podendo este requerer apenas uma análise e um posicionamento, sem uma ação subsequente. Por isso, acreditamos que o termo “pensamento crítico” se mostra mais adequado para caracterizar uma compreensão *funcional* sobre NdC.

Outro aspecto destacado por Allchin *et. al.* (2014) é a importância da abordagem explícita de NdC. Em outras palavras, em um contexto de ensino é essencial que o professor conduza discussões de forma a salientar reflexões sobre NdC pois, ao analisar casos relacionados à ciência, os estudantes podem se ater somente a aspectos que reforçam algumas de suas concepções sobre ciência (TAO, 2003).

Observational	<p><i>Observations and measurements</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Accuracy, precision • Role of systematic study (versus anecdote) • Completeness of evidence • Robustness (agreement among different types of data) <p><i>Experiments</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlled experiment (one variable) • Blind and double-blind studies • Statistical analysis of error • Replication and sample size <p><i>Instruments</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • New instruments and their validation • Models and model organisms • Ethics of experimentation on human subjects
Conceptual	<p><i>Patterns of reasoning</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidential relevance (empiricism) • Verifiable information versus values • Role of probability in inference • Alternative explanations • Correlation versus causation <p><i>Historical dimensions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Consilience with established evidence • Role of analogy, interdisciplinary thinking • Conceptual change • Error and uncertainty • Role of imagination and creative syntheses <p><i>Human dimensions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spectrum of motivations for doing science • Spectrum of human personalities • Confirmation bias/role of prior beliefs • Emotional versus evidence-based perceptions of risk
Sociocultural	<p><i>Institutions</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Collaboration and competition among scientists • Forms of persuasion • Credibility • Peer review and response to criticism • Resolving disagreement • Academic freedom <p><i>Biases</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Role of cultural beliefs (ideology, religion, nationality, etc.) • Role of gender bias • Role of racial or class bias <p><i>Economics/funding</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sources of funding • Personal conflict of interest <p><i>Communication</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Norms for handling scientific data • Nature of graphs • Credibility of various scientific journals and news media • Fraud or other forms of misconduct • Social responsibility of scientists

Figura 1.1. Inventário parcial de dimensões de confiabilidade na ciência. Fonte: Allchin (2017)

Tendo em vista as potencialidades e os limites das três abordagens para o ensino de NdC apresentadas – *atividades de investigação, casos contemporâneos e casos históricos* –, Allchin *et. al.* (2014) defendem que elas devem ser utilizadas conjuntamente no ensino de ciências para que possam contribuir mais integralmente para a alfabetização científica dos estudantes. Dessa forma, destacamos a pertinência da proposta destes autores não apenas para o aprendizado sobre NdC, mas também para que este aprendizado seja relevante para a formação de sujeitos capazes de se posicionar criticamente sobre tópicos relacionados à ciência que permeiam suas vidas. Pensando nisso, neste trabalho utilizamos a referida abordagem de casos históricos para discutir sobre HC em uma disciplina optativa de um curso de Licenciatura em Química. A escolha de inserir casos históricos em uma disciplina de um curso de formação de professores nos parece relevante, haja vista as necessidades de que os licenciandos compreendam os aspectos históricos da disciplina que irão lecionar futuramente (MATTHEWS, 2014), assim como de atenuar algumas das dificuldades que eles possuem em inserir a HC no ensino (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012). A partir destas considerações, abordamos, na próxima sessão, as potencialidades da HC em relação ao aprendizado sobre NdC.

1.2 Casos Históricos: Uma estratégia para o ensino funcional de Natureza da Ciência

Conforme discutido anteriormente, Allchin (2014) argumenta a favor da utilização de casos históricos da ciência como uma maneira de promover um ensino contextualizado e *funcional* de NdC. Segundo o autor, os casos históricos possibilitam a compreensão de algumas características da ciência que não são possíveis de serem compreendidas por meio de outras abordagens como, por exemplo, o papel da tentativa e do erro na produção do conhecimento científico. Isto porque a história ajuda a entender como as ideias evoluem ao longo do tempo e como o conhecimento científico se modifica. Além disso, o autor defende que a história é indispensável para aprender sobre o contexto cultural que permeia a ciência, uma vez que possibilita reflexões sobre a influência do contexto cultural em relação aos financiamentos de pesquisa, às questões que são pesquisadas, assim como sobre o modo como dados são interpretados e teorias são criadas.

Quando estudada sob a perspectiva da ciência em construção, a história da ciência também é extremamente relevante para que estudantes saibam lidar de forma crítica com os casos contemporâneos, visto que estes contemplam conhecimentos científicos ainda em construção (ALLCHIN, 2011). Por isso, casos históricos não devem ser analisados partindo-se do conhecimento científico que se tem atualmente. Em outras palavras, professores

devem situar os alunos em relação aos conhecimentos que existiam em determinado contexto histórico para que, assim, eles possam entender como as ideias evoluíram ao longo do tempo.

É importante destacar que, além de Allchin (2014), outros autores também argumentam a favor da utilização de casos históricos como uma maneira de contribuir para a formação para cidadania. Por exemplo, Kolstø (2008) discute sobre a pertinência de utilizar casos históricos da ciência no ensino visando a formação de sujeitos capazes de lidar de forma crítica com questões sociocientíficas. Nesse sentido, demonstra como um caso histórico sobre o cientista Millikan e seus estudos sobre o elétron possibilita a discussão de alguns aspectos de NdC importantes para a compreensão de temas da ciência que ainda são controversos. Por exemplo, um dos aspectos destacados pelo autor a partir do caso histórico mencionado é o de que *os conceitos científicos são construções humanas*. Segundo Kolstø, a compreensão deste aspecto pode levar à percepção de que a ciência não é uma verdade absoluta e, justamente por isso, pode ser questionada. Dessa forma, pessoas que não são cientistas também podem se sentir encorajadas a questionar afirmações científicas. O segundo aspecto destacado é que *observações e teoria estão intimamente relacionadas*. Kolstø (2008) defende que a compreensão sobre como teorias influenciam observações e vice-versa é importante para o entendimento de que a ciência envolve interpretações baseadas em valores epistêmicos. Dessa forma, seria possível entender que as divergências de ideias que existem entre os cientistas atualmente não acontecem apenas em função de interesses, mas também devido às diversas interpretações que um mesmo fenômeno pode ter. Um terceiro aspecto de NdC destacado é que *as medições feitas em pesquisas científicas sempre envolvem incertezas*. O entendimento deste aspecto pode impedir que se deposite demasiada confiança em medições e, ainda, pode desmistificar a concepção de que observações divergentes acontecem por incompetência dos observadores. Por fim, o quarto aspecto de NdC destacado é *a importância da argumentação na ciência*. Isso porque compreender o papel da divergência de ideias e da argumentação na ciência pode contribuir para que mesmo sujeitos que não são cientistas entendam a importância das publicações, das conferências e da existência de múltiplas opiniões. Isto também implica em compreender, por exemplo, que as afirmações presentes em periódicos revisados por pares são mais confiáveis do que as publicadas em meios de divulgação científica ou jornais regulares. Além disso, a compreensão deste aspecto de NdC pode levar à percepção de que algumas controvérsias que existem na ciência ainda levarão muito tempo para serem “resolvidas”. Dessa forma, as decisões relacionadas a tais controvérsias serão baseadas muito mais na qualidade de argumentos do que na quantidade de evidências que dão respaldo a determinada afirmação científica. Sob esta perspectiva, casos históricos podem

ser uma abordagem interessante para compreender sobre as relações existentes entre ciência e sociedade e, por isso, para a formação de sujeitos capazes de analisar criticamente questões sociocientíficas (KOLSTØ, 2008).

Além de contribuir para a compreensão de questões sociocientíficas, os casos históricos também podem ser utilizados como uma forma de desmistificar concepções ingênuas sobre ciência. Segundo Vergara (2014), a ausência de uma abordagem histórica no ensino de ciências tem feito com que os estudantes tenham uma percepção equivocada acerca do modo como o conhecimento científico é produzido. Por isso, o autor argumenta a favor da utilização de casos históricos em situações de ensino, visando a desmistificação de algumas concepções equivocadas sobre ciência que são recorrentes em alunos da educação básica. Tais concepções incluem: (i) o conhecimento científico é produzido a partir de metodologias empíricas e indutivistas; (ii) a ciência é infalível, algorítmica e exata; (iii) a ciência se constrói de maneira ahistórica e apromblemática; (iv) o conhecimento é construído de forma cumulativa; (v) cientistas são gênios que trabalham sozinhos e, ainda, pertencem a extratos sociais favorecidos; e (vi) a ciência é neutra, isto é, não é influenciada por aspectos sociais, políticos, econômicos etc. (FERNANDEZ *et. al.* 2002). Considerando estas visões ingênuas acerca do modo como o conhecimento científico é produzido, Vergara (2014) declara que a HC pode ser uma ferramenta para se compreender sobre o caráter complexo e multifacetado da ciência. Algumas pesquisas corroboram esta afirmação. Por exemplo, um estudo empírico realizado por Braga, Guerra e Reis, (2012) no contexto da Educação Básica aponta para a pertinência de utilizar a controvérsia histórica sobre os cientistas Biot e Ampère para desmistificar a concepção de que o conhecimento científico é construído de maneira indutivista. Tal controvérsia possibilitou a reflexão de que o conhecimento científico não é produzido por indução. Sendo assim, ainda que algumas pesquisas científicas necessitem de experimentos, são as bases teóricas e filosóficas dos cientistas que os auxiliam em relação à escolha destes experimentos. Segundo Braga *et. al.* (2012), os questionamentos levantados pelo professor sobre a ciência e sobre o papel da experimentação a partir da controvérsia histórica mencionada, colocaram em xeque a visão ingênuas de ciência que é muitas vezes apresentada em alguns livros didáticos brasileiros.

Além de fomentar discussões sobre NdC, os casos históricos podem ser utilizados para abordar conceitos científicos, contribuindo para a compreensão dos mesmos. Por exemplo, em um estudo empírico, Schiffer e Guerra (2015) utilizaram a controvérsia histórica entre os cientistas Galvani e Volta, a qual foi analisada sob uma perspectiva histórico-filosófica, visando a abordagem de conceitos de Eletroquímica. Tal proposta foi implementada em uma turma de nono ano regular, de uma escola brasileira. De acordo com

os autores, não foram constatadas dificuldades para articular a narrativa histórica mencionada aos conceitos científicos que estavam estabelecidos no livro didático. Além disso, o caso histórico permitiu ao professor da disciplina discutir sobre os conceitos científicos que estavam previstos no currículo em um período de tempo que era aceitável pela escola, sem que as discussões sobre NdC e sobre o conteúdo acontecessem de forma superficial. Os resultados apresentados por Schiffer e Guerra (2015) também apontam para o potencial da narrativa histórica mencionada para despertar o interesse dos estudantes pelas aulas. Isso ficou evidenciado por algumas avaliações utilizadas pelos pesquisadores, que mostraram que os alunos se atentaram para detalhes relacionados à história dos cientistas Galvani e Volta. Nesse sentido, o professor da disciplina também chamou a atenção para o envolvimento dos estudantes nesta sequência de atividades, o qual foi significativamente maior do que em outras atividades que já haviam sido feitas naquele ano.

Outro estudo empírico realizado por Santos (2018) também aponta para a pertinência de se utilizar a HC no contexto da educação básica. Neste estudo, foi implementado um júri simulado relacionado a aspectos históricos da vida e do trabalho da cientista Marie Curie. Um dos objetivos do trabalho era utilizar o inventário de Dimensões de Confiabilidade da Ciência para identificar e caracterizar aspectos de NdC que permearam a fala dos estudantes envolvidos no debate e o modo como tais aspectos foram utilizados. Para isso, a autora propôs um júri-simulado, no qual os estudantes deveriam se posicionar sobre a seguinte questão: *A vida pessoal da cientista Marie Curie teria influenciado sua vida profissional? Por quê?*

Os resultados apresentados apontam que os estudantes utilizaram conhecimentos relacionados ao conteúdo 'Modelos Atômicos' durante os debates, de uma maneira que indicou que a análise do referido caso histórico favoreceu a compreensão deste conteúdo químico. Além disso, no decorrer dos debates, foram identificados diversos aspectos de NdC nas ideias expressadas pelos estudantes utilizados para sustentar posicionamentos sobre a questão que estava sendo debatida no júri. Assim, Santos (2018) destaca o potencial de se utilizar a HC como uma maneira de se discutir sobre NdC de maneira contextualizada e para contribuir para a alfabetização científica dos estudantes.

A partir dos estudos empíricos mencionados, salientamos a viabilidade de utilizar casos históricos como uma maneira de fomentar reflexões sobre NdC visando um ensino que contribua, sobretudo, para a formação de sujeitos capazes de pensar de forma crítica sobre afirmações científicas. Além disso, casos históricos também têm se mostrado uma alternativa interessante para colocar em xeque visões ingênuas sobre ciência e para fazer com que os conceitos científicos sejam compreensíveis aos estudantes.

Não obstante a pertinência e a viabilidade das diversas propostas para o ensino de NdC, na literatura da área de Educação em Ciências, ainda permanece vago quais são os conhecimentos *de e sobre* ciência necessários para que alguém seja capaz de lidar de forma crítica com afirmações científicas (RUDOLPH; HORIBE, 2016). Além disso, o modo como estudantes se engajam em processos de tomada de decisões pessoais e sociais se mostra bastante complexo, visto que eles não recorrem unicamente aos seus conhecimentos científicos ou a eles relacionados para informar tais decisões. Nesse sentido, experiências pessoais, fatores emocionais, morais, sociais, bem como a complexidade do tópico a ser analisado podem influenciar o processo de tomada de decisão (SADLER; ZEIDLER, 2004). A partir de tais considerações, apresentamos, na próxima sessão, uma perspectiva que busca traçar um “caminho” a partir do qual os conhecimentos sobre NdC podem se desenvolver.

1.3 O pensamento crítico e o ensino de Natureza da Ciência

Tendo em vista a complexidade que caracteriza os processos de tomada de decisão, Yacoubian (2015) argumenta que, para que o ensino de NdC se mostre relevante para a alfabetização científica, é necessário que os sujeitos desenvolvam seus conhecimentos sobre NdC e apliquem tais conhecimentos, relacionando-os às suas decisões sobre questões. Tal perspectiva para o ensino de NdC tem o potencial de contribuir para a ‘tomada de decisão democrática’. Segundo Yacoubian (2018), a tomada de decisão democrática é aquela que resulta “do debate deliberativo, que robustece o pensamento crítico e valores de igualdade, e que promove a justiça social” (YACOUBIAN, 2018, p. 309).

Além disso, Yacoubian (2015) defende que o pensamento crítico deve ser a base para o ensino de NdC, uma vez que o mesmo contempla determinadas habilidades importantes para que uma pessoa seja capaz de tomar decisões de forma crítica. Este autor adota a concepção de pensamento crítico de Ennis (1989), segundo o qual “pensamento crítico é um processo cujo objetivo é produzir decisões razoáveis e reflexivas sobre o que acreditar ou o que fazer e que engloba determinadas disposições e habilidades.” (YACOUBIAN, 2015, p. 249). Destacamos que, embora a concepção de Ennis (1989) seja utilizada para definir o que é pensamento crítico, Yacoubian não elenca quais são as habilidades e disposições que o constituem. No entanto, considerando a definição para o termo adotada pelo autor, entendemos que o pensamento crítico, em essência, contempla a capacidade de decidir sobre o que acreditar ou o que fazer em relação a um determinado assunto. Dessa forma, o pensamento crítico sobre NdC pode estar relacionado à capacidade de decidir sobre o que acreditar ou o que fazer em relação a determinado tema que envolve

NdC. Conforme discutido no Capítulo 6 (Análise dos Dados e Discussão), tal definição nos parece razoável para explicar alguns dos aspectos identificados a partir dos dados.

A partir destas considerações, Yacoubian (2015) propõe uma ferramenta denominada *The Critical Thinking-Nature of Science Framework (CT-NOS framework)*. Segundo o autor, as ideias que embasam esta ferramenta podem servir como guias para a inserção de NdC no ensino de ciências na medida em que podem nortear estratégias de ensino, materiais instrucionais e livros didáticos. Além disso, ele salienta que podem ser elaboradas subferramentas com foco na ação do professor, no ambiente de aprendizagem e em avaliações, visando tornar a ferramenta original mais abrangente.

Na perspectiva do autor, o ensino de NdC pode cumprir objetivos diferentes. O primeiro deles compreende o ensino de NdC como um objetivo de aprendizagem. Assim, um ensino pautado neste objetivo visa desenvolver o entendimento sobre NdC por parte dos estudantes, sem necessariamente envolver a aplicação dos conhecimentos sobre esta temática. O segundo objetivo compreende o ensino de NdC como um meio de informar processos de tomada de decisões sociocientíficas. Outro diferencial da proposta do autor é a consideração de que o pensamento crítico é um elemento que antecede o aprendizado sobre NdC e as tomadas de decisão sociocientíficas. Além disso, a ferramenta CT-NOS traça um caminho a partir do qual se desenvolvem os conhecimentos sobre NdC. A representação visual da ferramenta proposta pelo autor é apresentada na Figura 1.2.

Tal representação visual contempla cada um dos componentes da ferramenta CT-NOS. O componente *Background Context* está relacionado às experiências de aprendizagem a partir das quais os estudantes poderão refletir criticamente sobre NdC e com NdC. Isto leva ao componente *Critical Thinking*, o qual contempla as habilidades e disposições que serão utilizadas pelos estudantes na medida em que eles se engajarem em tais experiências de aprendizagem. O componente *Critical Thinking*, por sua vez, leva a dois resultados principais. O primeiro deles se subdivide em dois componentes: desenvolvimento da compreensão *sobre* NdC; e desenvolvimento do pensamento crítico *sobre* NdC. Nesse caso, a compreensão sobre NdC é entendida como um objetivo de ensino e também como o resultado do pensamento crítico sobre NdC. Assim, o *pensamento crítico sobre NdC* será tanto um processo, quanto um resultado. Como consequência, um sujeito será capaz de justificar o que ele compreende sobre NdC como resultado do seu pensamento crítico sobre esta temática.

O segundo resultado se subdivide em: tomada de decisão sociocientífica; e pensamento crítico *por meio de* NdC. Nesse caso, a tomada de decisão sociocientífica é o resultado do pensamento crítico por meio de NdC, ou seja, NdC é vista como um

conhecimento capaz de informar processos de tomada de decisão. Aqui, o pensamento crítico *por meio de* NdC também é entendido tanto como resultado, quanto como processo. A partir da representação visual, observa-se que o primeiro resultado se relaciona ao segundo uma vez que a compreensão sobre NdC desenvolvida no primeiro resultado pode ser utilizada por uma pessoa ao se engajar nos processos de pensar criticamente por meio de NdC. A seguir, detalhamos sobre cada um dos componentes da ferramenta.

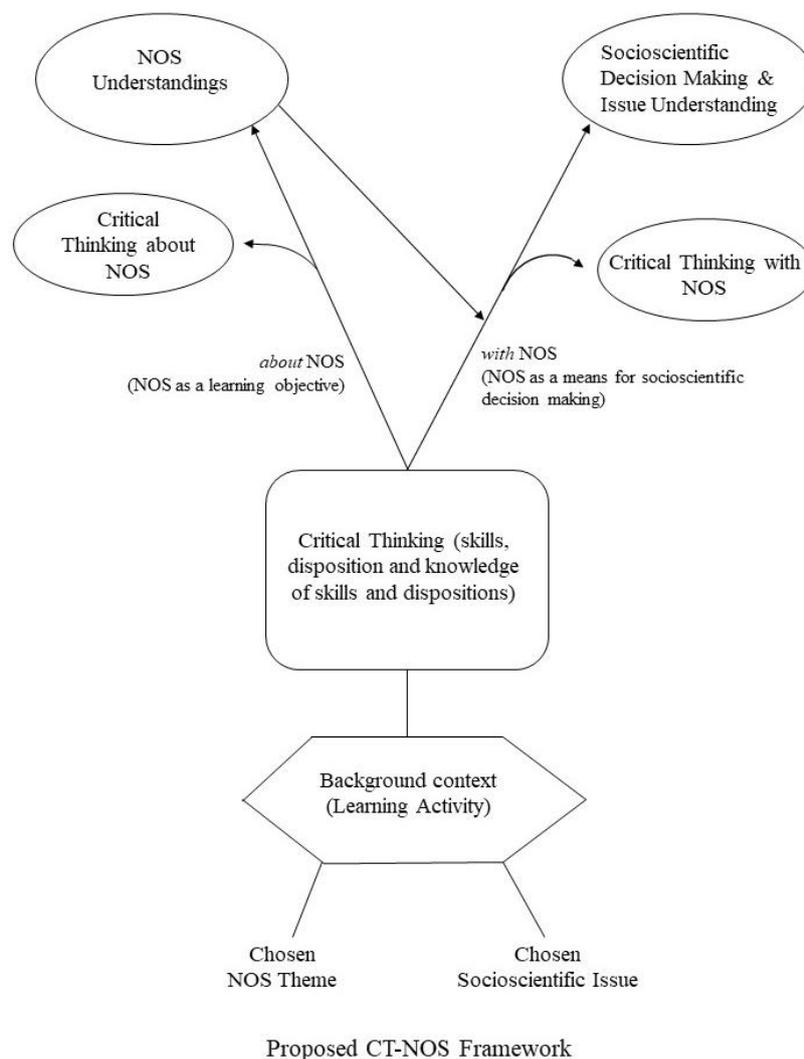


Figura 1.2. Representação visual da ferramenta CT-NOS Framework. Fonte: Yacoubian (2015)

Background Context: O componente *Background Context* contempla todas as atividades a partir das quais os estudantes terão oportunidades de desenvolver seus conhecimentos sobre NdC, que serão utilizados por eles ao pensar criticamente sobre e com NdC. Tais atividades podem envolver: estudos de casos históricos, atividades investigativas, práticas científicas autênticas como a argumentação etc.

Critical Thinking: De acordo com Yacoubian (2015), o pensamento crítico é um tipo de *mindset*, isto é, um modo como as pessoas pensam sobre coisas e tomam decisões que contempla habilidades e disposições a serem desenvolvidas na medida em que os estudantes se engajam criticamente na aprendizagem sobre NdC e/ou em processos de tomada de decisão sociocientífica. Na perspectiva do autor, este engajamento leva ao desenvolvimento da capacidade de se posicionar em relação a o que acreditar ou o que fazer. Além disso, os estudantes podem aprender *como* se engajar em tais processos de tomada de decisão na medida em que tiverem oportunidades para refletir sobre quais visões de NdC podem adotar ou sobre quais decisões sociocientíficas podem tomar. O autor salienta que este 'como' não é entendido como técnicas ou procedimentos específicos, mas como oportunidades a partir das quais os estudantes podem desenvolver a capacidade de pensar criticamente.

Critical Thinking about NOS: Nesta fase, os estudantes já manifestam alguma compreensão sobre NdC e a habilidade de pensar criticamente sobre a mesma. O pensamento crítico sobre NdC se manifesta na medida em que os estudantes têm oportunidades de pensar criticamente sobre determinados temas relacionados à NdC. Como implicação, eles desenvolvem conhecimentos relevantes sobre NdC e, ainda, as habilidades e disposições que constituem o pensamento crítico, bem como o entendimento sobre essas habilidades e disposições.

Critical Thinking with NOS: Esta fase contempla a habilidade de utilizar os conhecimentos de NdC desenvolvidos ao longo das experiências de aprendizagem para nortear processos de tomada de decisão sociocientífica. Ao se engajar em tais processos, o estudante tem a oportunidade de aplicar seus conhecimentos de NdC, bem como ampliar os conhecimentos sobre NdC que envolvem determinada questão sociocientífica. Nesta fase também são desenvolvidas as habilidades e disposições que constituem o pensamento crítico, bem como o entendimento sobre essas habilidades e disposições.

Yacoubian (2015) apresenta uma situação a partir da qual é possível compreender o que constitui o pensamento crítico *com* e *sobre* NdC. Ele propõe que se considere a seguinte questão: o uso de telefones celulares deve ser regulamento por lei? Segundo o autor, para que os estudantes tenham condições de tomar uma decisão sobre esta questão sociocientífica, é necessário apresentar-lhes as perspectivas políticas e éticas, entre outras que permeiam esta questão. Em relação à perspectiva da saúde, é possível questionar em que extensão as evidências sugerem a relação entre o uso prolongado de telefones celulares e o risco de tumores cerebrais. Para responder tal questionamento, um estudante teria que pensar criticamente *com* NdC, ou seja, aplicar seus conhecimentos sobre NdC para tomar

esta decisão. Contudo, esta decisão só pode ser tomada se o estudante compreender em que circunstâncias uma inferência causal entre duas variáveis pode ser considerada consistente. Ou seja, primeiramente é necessário que o estudante possua conhecimentos *sobre* NdC. Assim, pensar criticamente *sobre* NdC é algo que antecede o processo de pensar criticamente *com* NdC, sendo esta última uma condição necessária para a tomada de decisão sociocientífica.

Tendo em vista a importância do ensino de NdC e de HC para promover um ensino de ciências mais crítico e contextual, é fundamental formar professores que compreendam sobre este assunto e que sejam capacitados para promover tais discussões. Nesse sentido, Craven III, Hand e Prain (2002) argumentam que é importante que professores de ciência consigam identificar as condições que propiciam uma compreensão profunda e significativa de NdC por parte dos estudantes e, ainda, buscar formas de avaliar e desafiar essa compreensão quando for necessário. Além disso, é importante que professores explorem a literatura relacionada à NdC, visando ampliar seus entendimentos sobre os contextos que permeiam as inúmeras práticas científicas e a produção de determinados conhecimentos, de maneira a não desenvolverem uma visão universalizada e simplista da ciência (RUDOLPH, 2000). Por isso, entendemos que a inserção de discussões sobre NdC e HC nos cursos de formação de professores é fundamental para que os mesmos possam (começar a) desenvolver uma visão mais crítica sobre ciência e, ainda, possam refletir sobre possíveis maneiras de inserir esses tópicos em suas aulas. Sob esta perspectiva, apresentamos, no próximo capítulo, um panorama geral de algumas abordagens para o ensino de NdC que vêm sendo implementadas em cursos de formação de professores, bem como o potencial e as limitações destas propostas.

2 NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Considerando a relevância da HC para favorecer uma visão crítica sobre ciência, é importante que professores em formação tenham oportunidades para refletir sobre este tema, bem como sobre possíveis maneiras de abordá-lo em suas aulas. Nesse sentido, Matthews (2014) destaca que os professores devem ter conhecimentos sobre os aspectos históricos, os métodos de investigação e a natureza da disciplina que estão ensinando. Segundo o autor, tais conhecimentos podem ser desenvolvidos por meio de discussões relacionadas à História, à Filosofia e à Sociologia da Ciência. Por este motivo, ele enfatiza a necessidade da inclusão de tópicos destas áreas nos cursos de formação de professores visando, sobretudo, que os mesmos reconheçam a importância de inseri-los em suas aulas.

Visando a formação de professores que compreendam ciência de forma ampla e holística, alguns autores sugerem a utilização de casos históricos como uma maneira de fomentar reflexões sobre NdC (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA; ARAGÓN, 2016; GARCÍA-CARMONA; ACEVEDO-DÍAZ, 2017; GARCÍA-CARMONA; ACEVEDO-DÍAZ, 2016). Neste mesmo sentido, Forato, Martins e Pietrocola (2012) salientam que a HC pode favorecer a reflexão sobre alguns aspectos relacionados ao caráter sócio histórico que permeia a produção do conhecimento científico, tais como: a natureza não produz evidências simples o suficiente para possibilitar interpretações diversas de um fenômeno; as observações não ocorrem sem a influência de teorias prévias; teorias científicas não podem ser comprovadas e nem podem ser sustentadas unicamente por dados empíricos; o conhecimento científico se baseia fortemente – mas não unicamente – em observações, evidências experimentais, argumentos racionais e ceticismo; e a ciência é uma atividade humana influenciada pelos contextos históricos nos quais se desenvolve e/ou é utilizada. Os autores destacam ainda que a abordagem de aspectos históricos nos cursos de formação de professores é importante tendo em vista as dificuldades que os mesmos possuem para implementar este tópico em suas aulas. Entre as dificuldades mencionadas, destacam-se: a seleção de quais aspectos serão destacados e quais serão omitidos em uma abordagem histórica; a utilização de fontes históricas primárias em alguns contextos de ensino, visto que as mesmas podem ser de difícil acesso ao professor e de difícil compreensão para os estudantes; e a visão linear da ciência que é apresentada em algumas fontes de informação. Na perspectiva dos autores, um dos motivos que justifica tais dificuldades é exatamente a ausência de discussões sobre HC nos cursos de formação de professores. Além disso, eles

reconhecem que essas dificuldades poderiam ser atenuadas se os professores de ciências tivessem conhecimentos sobre NdC.

Considerando a pertinência da inserção de casos históricos nos cursos de formação de professores, apresentamos alguns estudos empíricos que vêm sendo realizados nesta perspectiva com o objetivo de favorecer o desenvolvimento de conhecimentos de NdC por parte de professores em formação. Uma das abordagens que tem sido utilizadas para a implementação dos casos históricos nos cursos de formação de professores é a explícito-reflexiva em relação ao ensino de conceitos de NdC (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; RUDGE; HOWE, 2009). O termo 'explícito' se refere às abordagens de ensino que contemplam a menção clara a determinados aspectos de NdC. O termo 'reflexivo' se refere às oportunidades concedidas aos estudantes para que reflitam sobre os aspectos de NdC mencionados ao longo destas mesmas abordagens de ensino. Tal abordagem para a inserção de aspectos de NdC tem sido recorrente na literatura da área. Neste capítulo (assim como nos capítulos 6 e 7), a abordagem explícito-reflexiva é, em alguns momentos, comparada com abordagens contextualizadas de NdC. Por abordagens contextualizadas estamos nos referindo à perspectiva de Allchin *et. al.* (2014), segundo a qual este tipo de abordagem se caracteriza pela utilização de atividades investigativas, casos históricos ou contemporâneos como um contexto para favorecer reflexões sobre NdC. Essa perspectiva se difere da explícito-reflexiva uma vez que, neste tipo de abordagem, são apresentados aos estudantes determinados aspectos de NdC. Assim, embora existam trabalhos baseados nesta abordagem que utilizam casos históricos ou atividades investigativas, os mesmos não são utilizados como um contexto para favorecer reflexões, e sim como um contexto a partir do qual serão mencionados alguns aspectos de NdC.

Por exemplo, Rudge, Cassidy, Fulford e Howe (2014) se basearam na abordagem explícito-reflexiva para implementar uma unidade didática relacionada à HC em um curso de formação de professores de Biologia de uma universidade localizada na região Centro-Oeste dos Estados Unidos. O estudo realizado pelos autores teve por objetivo investigar se ocorreram mudanças nas visões de NdC dos licenciandos a partir da implementação da unidade didática. Para isso, eles elaboraram um caso histórico relacionado ao modo como os fenômenos micro evolutivos foram estudados pelos cientistas e, a partir disso, selecionaram alguns aspectos de NdC a serem abordados, tais como a maneira com que cientistas testam explicações alternativas por meio de observações e experimentos. Para a análise dos dados, Rudge *et. al.* (2014) utilizaram o questionário VNOS-C (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; LEDERMAN; ABD-EL-KHALICK; BELL; SCHWARTZ, 2002) como pré- e pós-teste. Além disso, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas visando a obtenção

de informações mais precisas sobre as respostas expressas no questionário. Os resultados apresentados indicam que alguns conhecimentos de NdC puderam ser desenvolvidos pelos licenciandos a partir da unidade didática. Entretanto, algumas das concepções consideradas como ingênuas pelos autores se mantiveram mesmo após a implementação da sequência didática. Por exemplo, os sujeitos pesquisados demonstraram uma maior compreensão no pós-teste sobre o que são teorias, o que as caracteriza. Contudo, eles não apresentaram indícios de que compreendiam como e por que as teorias mudam ao longo do tempo. Assim, Rudge *et. al.* (2014) apontam para a necessidade de que mais pesquisas sejam conduzidas com o objetivo de investigar quais elementos dos casos históricos favorecem mudanças nas visões de NdC dos licenciandos. Além disso, eles sugerem que estudos sejam realizados visando compreender sobre a eficácia de cursos baseados integralmente na HC.

De maneira similar, Williams e Rudge (2016) também se basearam na abordagem explícito-reflexiva para implementar uma unidade didática relacionada a HC, com o objetivo de investigar a influência da mesma na compreensão de NdC de professores em formação. Assim como o estudo anteriormente mencionado, este também foi realizado em uma universidade localizada na região Centro-Oeste dos Estados Unidos. Considerando os objetivos da pesquisa, foi elaborada uma sequência didática relacionada à história da Genética. Segundo os autores, foram selecionados determinados aspectos de NdC a serem abordados a partir do caso histórico como, por exemplo, a influência das concepções prévias dos cientistas na observação e interpretação de dados; e a influência do contexto cultural na ciência. Além disso, o caso histórico contemplava algumas questões-problema a serem solucionadas pelos licenciandos. Para avaliar os conhecimentos de NdC dos sujeitos pesquisados foi utilizado o instrumento de análise *SUSSI – Students Understanding of Scientific Inquiry* (LIANG *et. al.*, 2008) como pré- e pós-teste. Tal instrumento contempla seis questões sobre diferentes aspectos de NdC, sendo cada uma delas constituída por quatro itens a serem respondidos por meio da escala Likert e um item a ser respondido de forma discursiva. Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas.

Os resultados apresentados indicam que a sequência didática influenciou a compreensão de NdC dos licenciandos em determinados aspectos, mas não em outros. Por exemplo, as respostas do pós-teste indicam que os licenciandos não apresentaram concepções adequadas sobre as diferenças entre leis e teorias científicas. Os autores justificam tal resultado considerando que tal aspecto não foi abordado a partir do caso histórico em questão. Por outro lado, os licenciandos apresentaram compreensão razoável sobre aspectos como: as tentativas e erros que ocorrem na ciência e a influência das concepções prévias dos cientistas na análise dos dados. Tais aspectos de NdC foram

elencados pelos autores como objetivos de aprendizagem no início da pesquisa, o que, segundo eles, justifica tal resultado. Não obstante a compreensão sobre NdC apresentada pelos licenciandos no pós-teste, Williams e Rudge (2016) apontam que, a partir dos resultados, não fica claro em que extensão a unidade didática foi responsável por esta compreensão. Nesse sentido, eles destacam as limitações do instrumento de análise *SUSSI* em possibilitar aos sujeitos de pesquisa descrever suas concepções de NdC. Além disso, os autores salientam a necessidade de investigar a influência dos conhecimentos de NdC para o aprendizado de conceitos científicos.

Na Turquia, um estudo conduzido por Çetinkaya-Aydın e Çakıroğlu (2017) se baseou na perspectiva explícito-reflexiva para abordar sobre HC em um curso de formação de professores. Um dos objetivos do trabalho era investigar se havia alguma relação entre os conhecimentos de NdC e sobre investigação científica de professores em formação. Para isso, os autores elaboraram um curso com duração de 13 semanas, cujo objetivo era desenvolver a compreensão sobre o desenvolvimento histórico da ciência, características do conhecimento científico, aspectos de NdC, características dos cientistas e relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Por se basear na perspectiva explícito-reflexiva, aspectos de NdC foram abordados ao longo de todo curso relacionado à HC. Além disso, algumas discussões foram norteadas a partir de um livro que continha algumas definições de aspectos de NdC e exemplos de atividades para abordar sobre o tema como, por exemplo, a atividade da 'Caixa Preta'⁶. Para avaliar os conhecimentos sobre NdC e sobre investigação científica dos licenciandos, foram utilizados os questionários *VNOS-C* e *Views of Scientific Inquiry Questionnaire (VOSI)* (SCHWARTZ *et. al.*, 2008).

Segundo Çetinkaya-Aydın e Çakıroğlu (2017), os dados obtidos a partir dos questionários indicam que a maior parte dos licenciandos possuíam visões informadas ou adequadas de NdC após terem vivenciado o curso sobre HC. Contudo, um terço dos mesmos ainda possuía visões consideradas inadequadas sobre NdC e investigação científica. Nesse sentido, os autores destacam que, embora aspectos de NdC tenham sido enfatizados ao longo de todo o curso, ainda foram identificadas concepções inadequadas sobre as diferenças entre leis e teorias científicas e a influência de aspectos sociais e culturais na ciência. Os dados apresentados pelos autores também apontam que a maior parte dos licenciandos apresentavam o mesmo nível de compreensão sobre os dois tópicos: NdC e

⁶ Nesta atividade, são distribuídas caixas que se encontram completamente fechadas, o que impossibilita ver os objetos que estão dentro delas. Os estudantes devem movimentá-las de modo a obter evidências que os ajudem a propor quais são os objetos que estão na caixa e do que são feitos. A partir disso, são discutidos alguns aspectos de NdC visando favorecer reflexões sobre as práticas científicas.

investigação científica. Em alguns casos, eles apresentaram visões adequadas de NdC, mas não sobre investigação científica. O contrário não ocorreu, ou seja, não foram identificadas situações em que houvessem concepções adequadas sobre investigação científica, mas não sobre NdC. Os autores argumentam que tais resultados se justificam devido ao fato de que aspectos de NdC foram explicitamente mencionados ao longo do curso, mas não se discutiu, de maneira explícita, sobre investigação científica. Segundo os autores, os conhecimentos sobre investigação científica fazem parte dos conhecimentos de NdC. Contudo, os conhecimentos de NdC estão relacionados mais aos produtos do que ao processo de investigação científica.

Diferentemente dos estudos até aqui discutidos, Justi e Mendonça (2016) utilizaram uma outra estratégia de abordagem explícito-refletiva para a inserção da HC em um curso de formação de professores, de uma universidade localizada na região Sudeste do Brasil. Um dos objetivos do trabalho era investigar quais aspectos de NdC são considerados importantes por professores em formação ao se engajarem em um debate relacionado à HC. Para isso, as autoras propuseram um júri-simulado sobre a controvérsia envolvendo a concessão do Prêmio Nobel de Química ao cientista Fritz Haber em 1918. Neste estudo, 16 licenciandos em Química participaram do júri-simulado, divididos em dois grupos: acusação e defesa. Estes grupos deveriam elaborar seus argumentos para julgar se Fritz Haber foi merecedor do Prêmio Nobel pela síntese da amônia a partir de seus elementos. Visando auxiliar os licenciandos neste processo, eles receberam textos (fontes históricas primárias e secundárias) relacionados ao contexto histórico, econômico e político que caracterizou o final do século XIX e início do século XX, bem como textos relacionados ao caráter de Fritz Haber e à história da síntese da amônia. Ao contrário da abordagem explícito-reflexiva, as autoras não selecionaram previamente aspectos de NdC a serem abordados a partir do caso histórico. Nesse sentido, elas destacam que tais aspectos emergiram a partir das ideias expressas pelos próprios licenciandos ao longo das discussões que ocorreram durante a preparação para o júri-simulado. Outro diferencial do estudo conduzido por Justi e Mendonça foram os instrumentos de coleta de dados utilizados. Foram registradas em vídeo as discussões realizadas ao longo da preparação para o júri-simulado, bem como as discussões ocorridas no momento do júri. Além disso, os licenciandos produziam portfólios semanais contendo suas reflexões sobre o processo que estavam vivenciando. Conforme argumentam as autoras, isso possibilitou compreender sobre as reflexões que de fato eram relevantes para os licenciandos.

Os resultados apresentados por Justi e Mendonça (2016) indicam que o envolvimento com as discussões relacionadas aos aspectos históricos da controvérsia

contribuiu para a compreensão sobre NdC dos licenciandos. Isso porque, ao analisarem quais aspectos de NdC os licenciandos consideraram importantes para debater sobre o caso histórico mencionado, foram identificadas reflexões relacionadas: (i) à ciência como uma construção humana; (ii) ao conhecimento científico não poder ser caracterizado como bom ou ruim, ao contrário do uso que se faz desse conhecimento; (iii) ao conhecimento científico ser construído a partir de evidências diversas; (iv) ao conhecimento precisar ser comunicado para que possa ser aceito e validado pela comunidade científica; (v) ao conhecimento científico ser provisório; (vi) ao conhecimento científico não ser produzido de maneira linear, podendo ocorrer erros ao longo do processo; (vii) à produção do conhecimento científico requerer criatividade; (viii) à produção do conhecimento científico requerer persistência e espírito investigativo por parte dos cientistas; (ix) à ciência ser produzida de forma colaborativa; (x) à ciência poder ser influenciada por aspectos históricos, culturais, sociais, políticos, econômicos, entre outros; (xi) a algumas características psicológicas dos cientistas poderem influenciar a produção e a comunicação do conhecimento científico; e (xii) ao papel do financiamento para a realização de pesquisas.

Ao analisarmos os trabalhos até aqui apresentados, percebemos que a abordagem explícito-reflexiva pode apresentar algumas limitações quando comparada a propostas que visam abordar NdC de maneira contextual. Por exemplo, os estudos realizados por Rudge *et. al.* (2014), Williams e Rudge (2016) e Çetinkaya-Aydın e Çakıroğlu (2017) apontam para as limitações da proposta explícito-reflexiva para ampliar alguns conhecimentos relacionados a aspectos de NdC. Isso porque, a partir dos resultados apresentados pelos autores, algumas das concepções sobre ciência consideradas como 'ingênuas' se mostraram inalteradas mesmo após a implementação de sequências didáticas envolvendo HC (como, por exemplo, as relacionadas às influências de aspectos sociais e culturais na ciência). Tal resultado pode indicar uma limitação da abordagem explícito-reflexiva, uma vez que a HC é entendida como uma maneira importante para se compreender sobre o contexto cultural e social que permeia a ciência (KOLSTØ, 2008; ALLCHIN *et. al.*, 2014). Além disso, os instrumentos utilizados para avaliação dos conhecimentos de NdC como, por exemplo, os questionários *VNOS-C* e *SUSSI* podem se mostrar pouco eficientes em contemplar as concepções dos licenciandos sobre ciência. Isso porque tais questionários podem levar o respondente a perceber as informações apresentadas nos itens que os constituem de maneira similar à do pesquisador que desenvolveu tal instrumento (LEDERMAN; O'MALLEY, 1990). Por exemplo, um dos itens contemplados no questionário *VNOS-C* contém o seguinte comando: 'Se você acha que a ciência é influenciada por valores sociais e culturais, explique por que. Justifique sua resposta com exemplos' (LEDERMAN *et. al.*, 2002). Neste caso, o próprio item reflete a visão de quem o desenvolveu ao considerar que

a ciência pode ser influenciada por valores sociais e culturais, algo que o respondente não necessariamente poderia pensar de forma espontânea. Além disso, acreditamos que tais instrumentos se mostram pouco eficazes quando o objetivo é averiguar o potencial e as limitações de propostas para o ensino de NdC uma vez que os questionários contemplam reflexões expressas a partir de seus itens e não a partir das discussões que, porventura, possam ocorrer ao longo do processo. Em contrapartida, o estudo realizado por Justi e Mendonça (2016) apresenta indícios de que avaliar os conhecimentos de NdC de maneira contextual pode se mostrar uma estratégia frutífera para se ter acesso às reflexões expressas por licenciandos. Além disso, a abordagem utilizada pelas autoras para a implementação da HC também favoreceu a discussão de diversos aspectos de NdC, quando comparado aos demais estudos que se basearam na abordagem explícito-reflexiva.

Alguns estudos recentes também têm apontado para a pertinência de se inserir discussões sobre NdC nos cursos de formação de professores visando o desenvolvimento de determinados componentes do PCK – *Pedagogical Content Knowledge*⁷. Na Turquia, Demirdöğen, Hanuscin, Uzuntiryaki-Kondakci e Köseoğlu (2016) realizaram um estudo visando compreender como uma abordagem instrucional que utiliza os componentes do PCK como elementos norteadores influencia o desenvolvimento do PCK relacionado a NdC de licenciandos. Além disso, os autores desejavam entender como este desenvolvimento do PCK relacionado a NdC era expresso nos planejamentos de aula desenvolvidos pelos licenciandos. Para isso, os autores elaboraram atividades com o objetivo de desenvolver alguns dos componentes contemplados no modelo de PCK de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) tais como: orientações para o ensino de ciências; conhecimento sobre os estudantes; conhecimento de estratégias instrucionais; e conhecimento sobre avaliações. O aspecto conhecimentos sobre o currículo – um dos componentes do modelo de PCK de Magnusson *et. al.* (1999) – não foi contemplado ao longo do curso.

As atividades relacionadas ao desenvolvimento de orientações para o ensino de ciências contemplavam discussões sobre quais conhecimentos (científicos e/ou sociocientíficos) são necessários para que um estudante consiga tomar uma decisão sobre determinada questão sociocientífica. As atividades relacionadas aos conhecimentos dos estudantes contemplavam discussões sobre algumas visões ingênuas sobre ciência que os mesmos poderiam apresentar, bem como quais eram as origens destas visões ingênuas e como confrontá-las. Em relação aos conhecimentos de estratégias instrucionais, foram

⁷ *Pedagogical Content Knowledge* (em português, Conhecimento Pedagógico de Conteúdo) contempla conhecimentos relacionados à capacidade de transformar o que se compreende sobre determinado conteúdo em algo compreensível aos estudantes. É o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo que distingue um professor de outros especialistas em determinado conteúdo (SHULMAN, 1986).

implementadas atividades nas quais os licenciandos analisaram dois planos de aula: um deles relacionado à abordagem implícita de NdC e outro relacionado à abordagem explícito-reflexiva para o ensino de NdC. Neste caso, os licenciandos deveriam debater e avaliar a viabilidade dos dois planos de aula, tendo em vista que o objetivo do professor era ensinar conceitos científicos e aspectos de NdC. Por fim, nas atividades relacionadas aos conhecimentos sobre avaliação, os licenciandos assistiram a um vídeo no qual um professor de Química fictício articulou os objetivos de sua aula à forma de avaliação desenvolvida por ele. A partir disso, foram levantados questionamentos sobre quais estratégias de avaliação os licenciandos utilizariam em sua turma.

Para a coleta de dados, Demirdöğen *et. al.* (2016) utilizaram os instrumentos: questionário VNOS-C, para avaliar as concepções de NdC dos licenciandos; questionários abertos, com o objetivo de comparar as visões sobre ensino de Química antes e depois do curso; portfólios, os quais deveriam conter reflexões sobre questões relacionadas ao modo como as atividades favoreceram modificações nas concepções dos licenciandos sobre ensino de Química; planos de aula elaborados pelos licenciandos; entrevistas; e observação participante. Os dados apresentados indicam que os 30 licenciandos que participaram da pesquisa apresentaram desenvolvimento de alguns dos componentes do PCK de NdC. Além disso, os dados indicam que houve a articulação destes componentes (em maior ou menor extensão). Por exemplo, alguns dos licenciandos foram capazes de utilizar os conhecimentos relacionados às visões equivocadas dos estudantes sobre ciência para elaborar planos de aula e maneiras de avaliar conhecimentos de NdC. Em contrapartida, alguns licenciandos inseriam discussões sobre NdC em seus planos de aula, mas não levaram em consideração as visões de ciência dos estudantes, nem elaboraram estratégias para avaliação. Demirdöğen *et. al.* (2016) argumentam que tais resultados se devem ao fato de que o desenvolvimento de apenas um dos componentes do PCK pode não ser suficiente para favorecer mudanças na prática do professor (PARK; CHEN, 2012). Além disso, os autores destacam que professores em formação podem apresentar dificuldades em articular os diferentes conhecimentos que compõem o PCK devido à falta de experiência docente. Contudo, o curso implementado trouxe contribuições importantes para o desenvolvimento de conhecimentos práticos relacionados ao ensino de NdC, os quais poderiam constituir o PCK daqueles futuros professores.

Um estudo similar foi realizado por Akerson, Pongsanon, Rogers, Carter e Galindo (2017) com o objetivo de investigar como os conhecimentos de licenciandos sobre ensinar NdC são influenciados por suas experiências em planejar, ensinar e refletir sobre ensino de NdC com seus pares. Segundo os autores, o planejamento de aulas em grupo pode prover

oportunidades para que os licenciandos reflitam sobre sua prática a partir do *feedback* de seus colegas, bem como de seus professores mais experientes. Na perspectiva dos autores, o PCK de NdC está relacionado aos conhecimentos dos professores sobre NdC, bem como à relação destes conhecimentos com a habilidade de ensiná-los. Sob esta ótica, os autores implementaram um curso relacionado às práticas científicas em uma turma de professores em formação, de uma universidade localizada nos Estados Unidos. Neste curso, foram realizadas atividades nas quais os licenciandos foram apresentados a alguns exemplos de práticas instrucionais envolvendo NdC. Além disso, eles puderam expressar suas reflexões oralmente e por escrito sobre quais aspectos de NdC conseguiam identificar naquelas práticas instrucionais e de que maneira as utilizariam em uma situação real de ensino. O curso também envolveu o planejamento, em grupo, de uma sequência de aulas a serem implementadas em uma aula na Educação Básica. Ao longo deste planejamento, os licenciandos receberam *feedback* dos professores da universidade relacionado ao ensino e à avaliação dos conhecimentos de NdC.

Os resultados obtidos indicam que os licenciandos foram capazes – em alguma extensão – de transferir seus conhecimentos sobre NdC às suas práticas instrucionais, o que aponta para o desenvolvimento de seu PCK. Ao elaborarem a sequência de aulas, o grupo de licenciandos não incluiu objetivos de aprendizagem relacionados à NdC, nem atividades e avaliações de NdC, embora o tema escolhido favorecesse tais inclusões. Apesar destes resultados, os licenciandos explicitaram algumas reflexões relacionadas ao ensino de NdC no momento das entrevistas. Por exemplo, uma das licenciandas destacou que o fato de a atividade proposta por eles envolver diferentes maneiras de coletar e analisar dados apontava para o fato de que a ciência envolve criatividade. Na perspectiva dos autores, a fala da licencianda indica o desenvolvimento de seu PCK de NdC relacionado aos conhecimentos sobre os estudantes. Outra licencianda, ao fazer o *feedback* sobre a sequência de aulas, sugeriu que fosse enfatizado o papel de modelos na ciência a partir das atividades investigativas que foram realizadas pelos estudantes. Akerson *et. al.* (2017) consideraram tal sugestão como um indício do desenvolvimento do PCK de NdC relacionado aos conhecimentos sobre estratégias instrucionais desta licencianda. Embora aspectos de NdC não tenham sido incluídos nas aulas, os licenciandos o faziam no momento das discussões em grupo sobre a aula que havia sido implementada. No entanto, aspectos como a criatividade que envolve fazer ciência, a influência de aspectos culturais e sociais na ciência e as relações entre leis e teorias científicas não foram contempladas em tais discussões. A partir destes resultados, os autores destacam que embora os licenciandos não tenham incluído aspectos de NdC em suas aulas, os mesmos manifestaram o desenvolvimento de seu PCK de NdC em outros momentos. Contudo, o fato de não terem

sido contempladas discussões sobre NdC nos planejamentos de aula indica que os licenciandos ainda não possuíam a capacidade de transferir seus conhecimentos sobre este tema para sua prática.

Considerando os resultados obtidos a partir destes estudos, identificamos a necessidade de que mais pesquisas sejam realizadas visando compreender abordagens para o ensino de NdC que se mostram frutíferas para que os futuros professores não apenas compreendam sobre este tema, mas também reflitam sobre possíveis maneiras de inseri-lo em suas práticas docentes. Além disso, os estudos até aqui apresentados apontam para a escassa literatura relacionada à inserção da HC nos cursos de formação de professores de maneira contextualizada. Nesse sentido, grande parte destes estudos têm utilizado como aporte teórico a abordagem explícito-reflexiva, a qual, como destacado anteriormente, possui algumas limitações em relação ao desenvolvimento dos conhecimentos de licenciandos sobre NdC. A partir destas considerações, buscamos neste trabalho trazer uma contribuição para as lacunas existentes na literatura da área. Após essas reflexões iniciais sobre a área, apresentamos, no próximo capítulo, as questões de pesquisa que nortearam a realização do mesmo.

3 QUESTÕES DE PESQUISA

Conforme destacado anteriormente, a HC tem sido considerada um caminho possível para favorecer reflexões sobre NdC nos cursos de formação de professores. No entanto, ainda permanece vago na literatura de que forma a HC, bem como as discussões sobre NdC que podem surgir a partir dela, se mostram relevantes para favorecer uma visão mais crítica sobre ciência e para informar processos de tomada de decisão sociocientífica. Além disso, é escassa a literatura acerca do potencial de abordagens contextualizadas de NdC para a formação de licenciandos, visto que alguns dos estudos propostos que visam abordar HC e NdC nos cursos de formação de professores se baseiam na abordagem explícito-reflexiva (por exemplo, RUDGE *et al.*, 2014; WILLIAMS; RUDGE, 2016; DEMIRDÖĞEN *et al.*, 2016; ÇETINÇAYA-AYDİN; ÇAKIROĞLU, 2017; AKERSON *et al.*, 2017). Os resultados destes estudos, no entanto, têm apontado algumas limitações de se utilizar esta abordagem para favorecer a compreensão sobre NdC por parte de licenciandos e para que eles reconheçam a importância de inserir esta temática em sua (futura) prática docente.

Além dessas limitações, Allchin *et al.* (2014) apontam para a relevância de abordagens contextualizadas para o ensino de NdC como, por exemplo, os casos históricos da ciência. Segundo os autores, os casos históricos podem auxiliar na compreensão de como as ideias se desenvolveram ao longo do tempo, se estudados sob a perspectiva da “ciência em construção” (LATOURET, 1987). Sob esta perspectiva, a evolução de conceitos e teorias científicas é compreendida à luz dos conhecimentos que eram aceitos em um dado contexto histórico e não a partir dos conhecimentos que temos atualmente. O diferencial desta proposta (em relação à abordagem explícito-reflexiva) é a possibilidade de refletir sobre todas as incógnitas e incertezas com as quais os cientistas do passado tiveram que lidar, visto que são essas incertezas que caracterizam o trabalho dos cientistas atualmente. Assim, a HC entendida sob a ótica da ciência em construção, pode ser relevante para que uma pessoa possa lidar de forma crítica com controvérsias atuais, sobre as quais a ciência ainda não chegou a um consenso (ALLCHIN *et al.*, 2014).

A partir destas considerações, no presente trabalho, realizado no âmbito de uma disciplina baseada em casos históricos da ciência que foi ofertada a uma turma de licenciandos em Química, visamos investigar a seguinte questão:

Como casos históricos da ciência, analisados sob a perspectiva da ciência em construção, podem favorecer reflexões sobre NdC por parte de professores em formação?

Embora tal questão tenha norteado a realização deste trabalho e as discussões que emergiram a partir dele, buscamos discutir, ainda, sobre outras duas questões secundárias:

1. Qual a relevância das reflexões sobre NdC fomentadas a partir dos casos históricos para informar processos de tomada de decisão sociocientífica?
2. Qual a relevância das reflexões sobre NdC fomentadas a partir dos casos históricos para informar práticas docentes relacionadas ao ensino de NdC?

Tendo apresentado as questões que nortearam nossa investigação, no próximo capítulo identificamos e caracterizamos os aspectos metodológicos que subsidiaram a realização deste trabalho.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1 Contextualização da pesquisa

A coleta de dados deste trabalho foi feita no contexto de uma disciplina optativa de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública, localizada na região sudeste do Brasil. A disciplina denominava-se Introdução de História da Química no Ensino (IHQE), e tinha por objetivos contemplar discussões sobre HC – o que incluía tópicos relacionados à História da Química e também sobre outras áreas da ciência –, e sobretudo, fomentar reflexões sobre o modo como este tópico pode ser inserido no ensino de ciências. Considerando a natureza das atividades e das discussões previstas para esta disciplina (as quais serão detalhadas posteriormente), julgamos que seria pertinente acompanhá-la durante todo o semestre letivo, visando a obtenção de dados que pudessem subsidiar a discussão das questões que desejávamos investigar.

Os licenciandos que participaram desta disciplina encontravam-se em períodos mais avançados do curso. Por isso, estavam cursando, ou já haviam cursado, disciplinas como Instrumentação para o Ensino de Química (IEQ) e Didática da Química, disciplinas ofertadas a partir do quinto período do curso. O fato de já terem cursado estas disciplinas foi de suma importância para que eles conseguissem se engajar nas discussões que ocorreram na disciplina IHQE.

A turma na qual conduzimos nosso estudo era constituída de oito licenciandos, sendo sete mulheres e um homem. Todos eles foram explicados sobre os objetivos da pesquisa a ser realizada durante o semestre e concordaram em participar da mesma. Os encontros da disciplina aconteceram duas vezes a cada semana, cada um com duração de 100 minutos. Ao longo do 2º semestre letivo de 2017, período durante o qual se estendeu a coleta de dados, foram totalizados 32 encontros.

Ao longo da disciplina IHQE, os casos históricos foram abordados de acordo com a perspectiva de Allchin (2013). Conforme mencionado anteriormente, este autor defende que a análise de casos históricos em contextos de ensino deve acontecer sob a perspectiva da ciência em construção (LATOURETTE, 1987). Sob esta ótica, todos os casos históricos contemplados ao longo da disciplina foram estudados de modo a compreender quais eram os conhecimentos conhecidos em um dado momento histórico, e como as ideias evoluíram ao longo do tempo. Este modo de abordar a HC se difere substancialmente do modo como ela é inserida nos cursos de formação de professores. Isso porque, de maneira geral, as disciplinas relacionadas à HC se dedicam ao estudo de fatos históricos, os quais tendem a

ser apresentados de forma linear e acumulativa. Dessa forma, não se discute sobre o que caracteriza as práticas científicas e como estas se modificam ao longo do tempo. Além disso, não são contempladas discussões sobre as tentativas e erros que acontecem na ciência, e sobre como a mesma se relaciona a aspectos sociais, políticos, culturais e econômicos. Por isso, a ciência é apresentada como sendo neutra, e como uma coleção de eventos que sempre dão certo. De maneira diferente, sendo coerente com a perspectiva defendida por Allchin (2013), na disciplina IHQE a história da ciência foi utilizada como uma maneira de compreender como os conhecimentos científicos relacionados a alguns conceitos científicos se desenvolveram. Além disso, foram feitas discussões sobre vários aspectos de NdC a partir dos casos históricos da ciência, o que caracteriza um ensino contextual de NdC, de acordo com Allchin et. al (2014). Conforme discutido posteriormente, a adoção desta perspectiva para inserir discussões sobre HC na disciplina IHQE foi essencial para promover determinadas reflexões sobre NdC por parte dos licenciandos.

Outro aspecto a ser salientado é que esta disciplina tinha por objetivo não apenas que os alunos compreendessem sobre HC e NdC, mas também que refletissem sobre possíveis maneiras de inserir estes tópicos no ensino de ciências. Tendo em vista que a disciplina faz parte de um curso de formação de professores, é fundamental que sejam providas oportunidades para que os futuros professores pensem em estratégias instrucionais que contemplem estes tópicos. Por este motivo, a disciplina IHQE contemplou atividades nas quais os licenciandos deveriam refletir sobre o modo com a HC vêm sendo apresentada nos livros didáticos brasileiros e, ainda, sobre maneiras de incluir este tópico no ensino de forma a contribuir para o aprendizado sobre NdC de estudantes da Educação Básica.

Além disso, é importante destacarmos que a professora da disciplina possuía vasto conhecimento sobre HC e NdC, além de compreender sobre a perspectiva de Allchin (2013) para o ensino de NdC. Tal aspecto foi essencial para que a disciplina fosse elaborada e conduzida sob a ótica acima descrita e, principalmente, para que discussões relevantes sobre HC e NdC fossem fomentadas durante os encontros.

Com vistas a situar o leitor sobre a natureza das atividades implementadas na disciplina, elas são destacadas na próxima sessão. A partir das descrições das atividades, traçamos um panorama geral sobre as discussões relacionadas a HC e NdC possibilitadas a partir das mesmas.

4.2 Atividades desenvolvidas na disciplina

4.2.1 Atividade 1. Questionário I

Ao início da disciplina IHQE, foi solicitado aos licenciandos que respondessem a um questionário (Anexo 1), visando caracterizar tais sujeitos e averiguar algumas ideias que eles possuíam sobre HC e sobre ciência naquele momento. A primeira parte do questionário contemplava questões relacionadas a: vivências dos licenciandos em relação à pesquisa científica (por exemplo, participação em conferências e Iniciação Científica); participação em outras disciplinas relacionadas à HC ofertadas no curso; e expectativas que possuíam em relação à disciplina IHQE. A segunda parte do questionário compreendia questões sobre ciência e sobre HC. Por exemplo, uma das questões contempladas no questionário solicitava que os licenciandos respondessem o que diriam a um amigo caso tivesse que explicá-lo sobre “o que é ciência”. Nesse caso, eles deveriam supor que tal amigo era de uma área diferente da ciência e que seu único contato com a mesma foi durante a Educação Básica. Além disso, deveria ser levado em consideração que a resposta a esta pergunta deveria favorecer um bom entendimento sobre a ciência. Todas as questões eram abertas, para que os licenciandos tivessem a liberdade para expressar quaisquer reflexões sobre os tópicos nelas envolvidos.

Apesar de o questionário ter tido como objetivo conhecer algumas das concepções que os licenciandos possuíam sobre ciência, não desejávamos utilizar as respostas com o objetivo de fazer afirmações categóricas sobre tais concepções, de modo a enquadrá-las como ingênuas ou esclarecidas. A partir do que foi explicitado pelos licenciandos, buscamos compreender o modo como as visões sobre ciência dos mesmos se modificaram ao longo da disciplina. Desta forma, entendemos que o valor das respostas do questionário se mostrou ao analisá-las no decorrer de todo o processo e nos contextos em que elas foram expressas e retomadas, e não isoladamente.

O questionário foi respondido individualmente pelos licenciandos. Na sequência, a professora conduziu uma discussão na qual eles foram solicitados a explicitar suas respostas a algumas das questões. Isto foi feito visando promover um debate inicial entre os licenciandos sobre NdC, o que nos permitiu identificar algumas semelhanças e diferenças entre suas concepções.

4.2.2 Atividade 2. Guardachuvologia

Esta atividade (Anexo 2) tinha por objetivo favorecer a reflexão dos licenciandos sobre quais aspectos tornam determinado conhecimento mais ou menos científico. Ela foi proposta a partir de um texto originalmente elaborado por Smith e Scharmann (1999). Tal

texto apresenta uma situação hipotética, na qual uma pessoa conduziu um estudo baseado em dados estatísticos que visavam trazer apontamentos sobre como a cor de um guarda-chuva está relacionada ao gênero de quem o possui. O texto informa como o estudo foi conduzido e que existem dúvidas sobre o que é descrito poder ser considerado uma ciência, a “Guardachuvologia”. A partir da leitura do texto, os licenciandos foram solicitados a opinar sobre a “Guardachuvologia” ser uma ciência, justificando sua opinião, e a identificar quais características da “Guardachuvologia” a tornavam mais ou menos científica.

4.2.3 Atividade 3. História da Química em livros didáticos

Esta atividade (Anexo 3) teve por objetivo fomentar reflexões por parte dos licenciandos sobre o modo como a HC é apresentada em alguns livros didáticos brasileiros. Pensando nisso, os licenciandos fizeram a análise de livros didáticos: dois eram de Química, e um de Ciências (nono ano). Estes livros foram aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em 2018, o que demonstra que eles tiveram sua qualidade reconhecida oficialmente. Ainda que tais livros tenham sua qualidade chancelada pelo referido programa, isto não atesta a qualidade dos mesmos em termos do modo como a HC é apresentada. Este foi um aspecto que favoreceu grande parte das discussões que ocorreram a partir desta atividade.

Em um primeiro momento, a atividade consistiu na identificação de três trechos presentes nos livros nos quais os autores tivessem utilizado aspectos históricos. Após a identificação dos trechos, os licenciandos deveriam caracterizá-los detalhadamente, de modo a descrever como a HC estava sendo apresentada. Em seguida, uma análise crítica deveria ser feita sobre o modo como a HC foi discutida em cada um dos trechos identificados. Por fim, os licenciandos deveriam apontar possíveis vantagens e desvantagens de se discutir sobre HC na Educação Básica, no que diz respeito à aprendizagem dos estudantes. Após a finalização da atividade, a professora conduziu uma discussão de modo a fomentar a socialização das ideias entre os licenciandos.

4.2.4 Atividade 4. Outras visões sobre História da Química em livros

Para a realização desta atividade, os licenciandos fizeram a leitura do artigo “História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como Objeto de Investigação” de Pitanga, Santos, Guedes, Ferreira e Santos (2014). Estes autores analisaram as concepções sobre HC presentes em cinco livros didáticos de Química brasileiros expressas no ensino do tema Eletroquímica.

Para esta análise, Pitanga *et. al.* (2014) utilizaram os seguintes critérios: *histórias anedóticas; linearidade; consensualidade; e ausência do contexto histórico mais amplo.* Por

histórias anedóticas, os autores se referem a episódios relacionados à vida de um cientista, atentando-se apenas para os eventos fortuitos que aconteceram na ciência e que reforçam a concepção de que cientistas são gênios e que trabalham sozinhos. O critério *linearidade* se refere ao modo linear e acumulativo de apresentar a HC. Sob esta ótica, acredita-se que o conhecimento científico se desenvolve ao longo da história sempre de forma cronológica, e gradativa. Por outro lado, o critério *consensualidade* se refere à concepção de que a produção de conhecimento não envolve divergências de ideias. Desse modo, não se discute sobre os embates que ocorreram entre os cientistas (ou grupos de cientistas), nem sobre a importância dos mesmos para a evolução da ciência. Além disso, Pitanga *et. al.* (2014) destacam que, nas situações em que são apresentadas as discordâncias que ocorreram na história, sempre é transmitida a visão de que há um cientista “certo” e outro “errado”. Por fim, os autores explicam que o critério *ausência do contexto histórico mais amplo* se refere à omissão de aspectos socioculturais que influenciam e são influenciados pela ciência. Desse modo, os aspectos históricos são abordados de forma descontextualizada, o que transmite a concepção de que a ciência é neutra, e alheia a aspectos sociais.

Após a leitura do artigo, os licenciandos deveriam sintetizar os critérios utilizados pelos autores ao analisarem a HC nos livros didáticos. Em seguida, eles deveriam discutir sobre os exemplos identificados na Atividade 3 à luz destes critérios. O roteiro completo da Atividade 4 está apresentado no Anexo 4.

4.2.5 Atividade 5. Analisando a História da Química em materiais instrucionais

Esta atividade (Anexo 5) visava favorecer a análise sobre o modo como a história da Química foi apresentada e discutida em seis exemplos retirados de materiais instrucionais. Todos os exemplos eram relacionados a conteúdos curriculares de Química como, por exemplo, Modelos Atômicos e Teorias Ácido-Base. Em algumas das situações, os licenciandos deveriam identificar “erros” relacionados à forma como alguns modelos da Química foram representados. Em outras situações, os “erros” se referiam a aspectos históricos da produção de alguns modelos. Além disso, em algumas das situações, era possível a identificação de *modelos híbridos* – aqueles “constituídos por partes de modelos históricos distintos, mas apresentados como se fizessem parte de um todo coerente” (JUSTI; GILBERT, 1999, p. 173).

Em síntese, a atividade possibilitava a discussão dos seguintes aspectos:

- Para que os estudantes compreendam como modelos são produzidos na ciência, é importante salientar a distinção entre as evidências que dão suporte à elaboração de modelos e às explicações que são produzidas a partir de tais modelos;

- Modelos baseados em tratamentos matemáticos e estatísticos não permitem representações em duas dimensões;
- O modo equivocado com que os modelos são apresentados em materiais instrucionais pode transmitir aos estudantes uma concepção equivocada sobre quais são os objetivos e como acontece a elaboração de modelos na ciência;
- O que são *modelos híbridos*, como eles podem ser identificados em materiais instrucionais, e como os mesmos podem contribuir para que os estudantes tenham uma visão equivocada sobre os modos de produção da ciência.

4.2.6 Atividade 6. Kits de casos históricos

Esta atividade (Anexo 6) tinha por objetivo que os licenciandos identificassem aspectos de NdC relacionados a alguns casos históricos, e elaborassem uma maneira criativa de apresentá-los para a turma. Para isso, dois kits de textos sobre casos históricos foram distribuídos aos alunos. O kit *Casos Diversos*, constituía-se de quatro textos, os quais abordavam o trabalho e o contexto histórico dos cientistas Karl Friedrich Mohr, Rudolf Diesel, Louis Pasteur e Frédéric Joliot. O kit *Controvérsias*, também continha quatro textos, que discutiam sobre algumas controvérsias históricas que aconteceram entre cientistas. Uma delas era a controvérsia relacionada à autoria do Cálculo, que ocorreu entre os cientistas Newton e Leibniz. A outra controvérsia contemplada foi a ocorrida entre Margaret Mead e Derek Freeman, na qual este levantou questionamentos e fez críticas à pesquisa antropológica feita por aquela. Por fim, a terceira controvérsia contemplada neste kit abordava a concepção equivocada de que Henri Becquerel foi o cientista responsável pela “descoberta” da radioatividade.

Os textos selecionados para compor cada um dos kits abordavam os casos históricos mencionados de modo a contemplar aspectos relacionados a: os contextos histórico e científico nos quais os cientistas viveram; o modo como alguns conceitos e teorias se desenvolveram; os entraves com os quais os cientistas precisaram lidar; e como os contextos social, político, econômico e cultural influenciaram a produção de conhecimentos científicos e vice-versa, em períodos históricos específicos. Dessa forma, os casos históricos foram analisados pelos licenciandos sob a perspectiva da ciência em construção, o que demonstra coerência da atividade com a perspectiva para o ensino de HC adotada neste trabalho.

Tendo em vista a quantidade reduzida de licenciandos que participavam da disciplina, a carga de leitura demandada por esta atividade e a complexidade da mesma, a turma foi dividida em dois grupos. Sendo assim, um dos grupos ficou responsável pela

leitura do kit *Casos Diversos*, e o outro, pela leitura do kit *Controvérsias*. Os licenciandos tiveram total liberdade para selecionar os aspectos históricos e sobre NdC ao elaborarem a apresentação dos casos históricos para a turma.

4.2.7 Atividade 7. Análise do caso histórico Marie Curie

Antes de detalharmos sobre as Partes I e II que compõem a Atividade 7 (Apêndice 1), é necessário destacar que a mesma foi elaborada pela pesquisadora, baseada na perspectiva de Allchin *et. al.* (2014) sobre a utilização de casos históricos. Sob a ótica destes autores, o ensino de NdC deve acontecer de forma contextual, isto é, por meio de exemplos. Dessa forma, a atividade tinha por objetivo fomentar discussões sobre NdC a partir do caso histórico da cientista Marie Curie. Para tanto, foram selecionados trechos de um filme e um texto que abordavam aspectos relacionados à vida e ao trabalho da cientista. Assim como na Atividade 3, os materiais selecionados para nortear a discussão possibilitaram uma análise do caso histórico de Marie Curie sob a perspectiva da ciência em construção.

Parte I: Análise e discussão de trechos do filme ‘Madame Curie’

Esta atividade teve por objetivo fomentar reflexões sobre aspectos de NdC a partir do caso histórico de Marie Curie. Para isso, foram utilizados recortes do filme ‘Madame Curie’ (LEROY, 1943), o qual foi escolhido por conter trechos que retratavam alguns dos entraves que a cientista enfrentou tanto no que diz respeito as pesquisas relacionadas ao elemento Rádio, quanto para se inserir no meio acadêmico. O filme não foi apresentado na íntegra por ter uma duração longa e por conter trechos que não eram relevantes para a discussão⁸. Foram selecionados alguns dos trechos que apresentavam a trajetória da cientista na universidade de Sorbonne, na França, de modo a reconstruir, junto aos licenciandos, como ocorreu a evolução das ideias sobre a radioatividade.

Em um primeiro momento, os trechos do filme selecionados foram apresentados sem interrupções. Em segundo momento, foi feita uma pausa ao final de cada trecho, para que a turma pudesse fazer comentários e explicitar suas reflexões. Destacamos que a professora e a pesquisadora não faziam comentários relacionados aos trechos do filme apresentados antes que os licenciandos tivessem exposto suas ideias, de modo a não os influenciar. Com isso, tentávamos não influenciar diretamente nas reflexões dos licenciandos sobre aspectos de NdC a partir de aspectos históricos relacionados ao trabalho de Marie Curie.

⁸ Os trechos considerados irrelevantes para a discussão foram aqueles que contemplavam aspectos da vida pessoal de Marie e Pierre Curie como, por exemplo, a relação do casal com os pais de Pierre. Dessa forma, estes trechos não favoreciam reflexões importantes sobre NdC.

Parte II: Análise e discussão sobre um texto relacionado ao caso histórico de Marie Curie

Nesta parte da atividade, os licenciandos fizeram a leitura do texto: “*Um Sobrevoo no “Caso Marie Curie”: Um experimento de antropologia, gênero e ciência*” de Pugliese (2007). A escolha do texto se deu em função da riqueza de detalhes com que o autor aborda aspectos relacionados às pesquisas de Marie Curie sobre a radioatividade. Dessa maneira, foi possível reconstruir como as ideias sobre este tema evoluíram ao longo do tempo. Além disso, o texto contempla reflexões relacionadas aos entraves enfrentados pela cientista como mulher no meio acadêmico.

Para a execução desta parte da atividade, foi solicitado aos licenciandos que fizessem a leitura do texto mencionado em casa. Na aula destinada à discussão do mesmo, a professora deu liberdade para que eles explicitassem os aspectos que mais haviam chamado a atenção durante a leitura e que eles consideravam pertinentes de serem debatidos com a turma.

4.2.8 Atividade 8. Questionário II

Este questionário (Apêndice 2) foi implementado com o objetivo de identificar as ideias sobre NdC que os licenciandos possuíam – e/ou expressavam – até aquele momento da disciplina. Pensando nisso, foram feitas quatro questões abertas, sendo duas relacionadas à NdC e duas relacionadas ao caso histórico de Marie Curie. Assim como no Questionário I, não desejávamos utilizar as respostas dos licenciandos com o objetivo de fazer afirmações categóricas a respeito de suas concepções sobre NdC, e sim, que elas pudessem ser usadas como evidências para nos ajudar a compreender como tais concepções estavam se modificando ao longo da disciplina.

4.2.9 Atividade 9. Análise de um caso contemporâneo

Assim como a Atividade 7, esta atividade também foi elaborada pela pesquisadora a partir da perspectiva de Allchin (2013). Conforme mencionado anteriormente, este autor sugere a utilização de casos históricos ou casos contemporâneos da ciência, como uma maneira de favorecer reflexões sobre NdC. Sob esta perspectiva, a atividade se constituía em um caso contemporâneo com a temática Mulheres na Ciência, o qual deveria ser analisado pelos licenciandos. Assim como nos casos propostos por Allchin (2013), foram sugeridas algumas fontes de pesquisa com vistas a fornecer informações que poderiam ser analisadas e utilizadas pelos licenciandos para se posicionar sobre os questionamentos levantados na questão problema que norteava o caso contemporâneo. Estas fontes de pesquisa incluíam dois artigos *online* e dois documentários de curta duração:

1. Chaves, G. (2015). Onde estão as cientistas? *Correio Braziliense*, Gênero. Recuperado de:
https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/revista/2015/02/23/interna_revista_correio,471851/onde-estao-as-cientistas.shtml
2. Coordenação de Comunicação Social do CNPq (2017). *Fazer ciência e ser mulher: um desafio ainda real*. Recuperado de: http://cnpq.br/noticiasviews/-/journal_content/56_INSTANCE_a6MO/10157/5648344
3. Embrapa (2017). *Mulheres na Ciência*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=9QReY268NXU>
4. TV UFBA (2017). *Mulheres na ciência*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=d7bL2sPsZM4>

Em um primeiro momento, foi solicitado aos licenciandos que consultassem as fontes de pesquisa sugeridas e que pesquisassem sobre outras informações relacionadas à temática Mulheres na Ciência. De posse destas informações, os licenciandos debateram sobre as questões levantadas no caso contemporâneo e, a partir disso, elaboraram um texto que contemplava o posicionamento do grupo sobre tais questões. Na aula seguinte, cada grupo expôs para a turma as reflexões que foram contempladas no texto elaborado e que consideravam pertinentes de serem compartilhadas e debatidas. O roteiro completo desta atividade se encontra no Apêndice 3.

4.2.10 Atividade 10. Aspectos históricos sobre a Hipótese de Avogadro

Nesta atividade (Anexo 7), foi solicitada a leitura de três textos relacionados a aspectos históricos da elaboração da Hipótese de Avogadro (referências no Anexo 7). Tais textos foram utilizados pois descreviam, de maneira detalhada, como os conhecimentos relacionados a este conceito químico evoluíram. Nesse sentido, os textos enfatizavam não apenas sobre o trabalho desenvolvido por Avogadro, mas também em quais ideias, e no trabalho de quais cientista ele havia se baseado. Apesar de não mencionar de maneira explícita sobre este aspecto de NdC, os aspectos históricos apresentados nos textos possibilitam a discussão de que os cientistas não fazem “descobertas”, mas antes, se baseiam nas ideias – próprias e de outros cientistas – ao realizar um estudo científico. Tal aspecto também possibilita a reflexão de que os cientistas não são pessoais geniais, que trabalham sozinhas.

Ainda que os textos possibilitassem tais reflexões sobre NdC, o objetivo principal da atividade era que os licenciandos elaborassem um esquema, de modo a destacar como se deu a evolução das ideias que subsidiaram a hipótese de Avogadro. Este esquema seria uma

importante fonte de informação para a atividade que eles realizariam em seguida. Nesse sentido, destacamos que, a partir deste momento do curso, as atividades teriam como foco principal a discussão sobre possíveis maneiras de inserir HC no ensino de Química.

4.2.11 Atividade 11. Hipótese de Avogadro e comportamento de substâncias gasosas em diferentes condições de temperatura e pressão

Esta atividade se constituiu da análise de três atividades elaboradas por Romanelli e Justi (1998) que são apresentadas no Anexo 8. O objetivo das autoras era propor atividades investigativas, a ser implementada em aulas de Química da Educação Básica, a partir da qual os estudantes pudessem compreender, principalmente, como ocorreu a evolução dos conhecimentos que levaram à proposição da Hipótese de Avogadro. Para tanto, as atividades se desenvolvem a partir de experimentos de fácil execução e discussões orientadas. Contudo, o diferencial destas atividades é que, ao realiza-las, os estudantes seguem a mesma sequência de ideias que os cientistas do passado seguiram até que a Hipótese de Avogadro fosse proposta. Contudo, ainda que as atividades tenham se baseado em aspectos históricos, os mesmos não são explicitados. Isto significa que os estudantes constroem e modificam suas ideias sobre o tema sem saber que um processo similar ocorreu na ciência.

A partir da Atividade 11, desejávamos que os licenciandos refletissem sobre as possibilidades de utilizar a HC para a elaboração de materiais instrucionais visando o ensino de um tema específico e de utilizar a HC para ensinar sobre conteúdos curriculares sem necessariamente salientar aspectos históricos. No exemplo em questão, como detalhes dos contextos histórico, social e cultural relacionados ao caso histórico que fossem relevantes para a compreensão dos estudantes sobre NC não foram explicitados, tais aspectos históricos poderiam ser omitidos.

4.2.12 Atividade 12. Elaboração e implementação de uma aula simulada

Para dar prosseguimento às discussões sobre como introduzir aspectos de HC e NdC no ensino, nesta atividade (Apêndice 4), foi solicitado aos licenciandos que elaborassem uma aula simulada. Utilizamos a denominação “aula simulada” pois, nessas situações, um ou mais licenciandos conduzem a aula por eles planejada, enquanto os demais licenciandos da turma simulam questionamentos e respostas características dos estudantes da Educação Básica. Antes que a aula se inicie, quem irá conduzir a aula faz indicações sobre o nível de ensino para o qual aquela aula foi planejada (por exemplo, 1º, 2º ou 3º ano do Ensino Médio) e, principalmente, identifica quais conteúdos curriculares os estudantes daquela situação simulada já deveriam saber para dela participar. A partir dessas informações, os

licenciandos podem fazer questionamentos que são típicos de estudantes da Educação Básica.

Nossa expectativa era a de que a aula simulada favorecesse a ocorrência de discussões sobre NdC e/ou HC. Contudo, a professora e a pesquisadora não delimitaram aspectos específicos sobre estes tópicos, tendo os licenciandos total liberdade para escolher quais aspectos históricos e sobre NdC desejavam abordar. Além disso, a aula poderia ou não estar relacionada a algum conteúdo químico, ou de outras áreas da ciência. Os licenciandos também possuíam total liberdade para definir qual seria o formato e a dinâmica da aula, e quais recursos instrucionais (por exemplo, vídeos, textos, experimentos) iriam utilizar.

No encontro posterior às apresentações das aulas simuladas (e também último encontro da disciplina), os licenciandos puderam socializar suas impressões sobre as mesmas. Para isso, a professora solicitou que, individualmente, eles refletissem sobre os aspectos positivos e negativos da aula elaborada por seu grupo, e também sobre aspectos positivos e negativos da aula do outro grupo. A partir desta socialização, desejávamos que os licenciandos pudessem explicitar suas reflexões relacionadas ao processo de elaboração e implementação da aula simulada. Na discussão, pretendia-se também que eles explicitassem reflexões que puderam ser feitas a partir das atividades propostas. Além disso, a professora levantou alguns questionamentos com vistas a averiguar as opiniões dos licenciandos sobre o modo como a disciplina foi estruturada e se esta havia correspondido às suas expectativas.

4.3 Metodologia de coleta de dados

Nesta sessão, são detalhados os instrumentos utilizados na coleta de dados. Estes foram: observação direta e registro dos encontros em áudio e vídeo; questionários e registro das atividades; e entrevistas.

4.3.1 Observação direta e registro em áudio e vídeo

Todos os encontros que aconteceram na disciplina IHQE foram acompanhados pela pesquisadora, por dois motivos: acompanhar o desenvolvimento dos licenciandos em diferentes situações, bem como suas ações e reflexões; e desenvolver a familiaridade entre a pesquisadora e os licenciandos. Tal familiaridade é de grande importância para favorecer a confiança mútua entre os sujeitos pesquisados e o pesquisador (KOHN, 1989 *apud* JACCOUD; MAYER Mayer, 2010). Com isto, desejávamos que os licenciandos não se constrangessem com a presença da pesquisadora, e sentissem liberdade para expressar suas ideias – tanto nas aulas quanto na entrevista final.

Em termos da observação das aulas, ela foi do tipo participante, uma vez que a pesquisadora entrevistou em momentos específicos. Neste tipo de observação, o pesquisador não apenas descreve as ações cotidianas de um grupo, mas também participa do meio pesquisado, de forma a compreender a realidade que está sendo observada (COHEN; MANION; MORRISON, 2011). As intervenções da pesquisadora aconteceram durante as discussões que ocorreram nos encontros, e também nos momentos em que os licenciandos solicitavam a ajuda da mesma durante a realização de algumas atividades.

Além da observação direta, todos os encontros foram documentados em áudio e vídeo visando registrar reflexões e questionamentos levantados pelos alunos durante as discussões em grupo e durante as discussões com toda a turma de forma a favorecer a análise do processo vivenciado por eles.

4.3.2 Questionários e registro das atividades

Conforme mencionado anteriormente, dois questionários foram aplicados com vistas a identificar algumas das concepções dos licenciandos sobre NdC. O Questionário I foi elaborado pela professora da disciplina e respondido no primeiro encontro. Este tinha por objetivo conhecer melhor sobre a trajetória acadêmica dos licenciandos, assim sobre alguns indícios de suas visões sobre ciência. O Questionário II foi respondido após a Atividade 7, e tinha por objetivo identificar quais eram as concepções sobre NdC dos licenciandos naquele momento do processo, de forma a identificar possíveis mudanças em relação às ideias expressas no Questionário I.

Além dos questionários, todos os registros escritos produzidos pelos licenciandos nas atividades realizadas ao longo da disciplina foram fotocopiados. Nossa expectativa era a de que tais registros pudessem completar as informações registradas nos vídeos.

4.3.3 Entrevistas

Segundo Bourdieu (1997), ainda que a relação de pesquisa tenha por objetivo a produção de conhecimento, esta é por si só uma “relação social que exerce efeitos (variáveis segundo os diferentes parâmetros que a podem afetar) sobre os resultados obtidos” (p. 694). Por isso, o autor defende que a utilização de entrevista como uma forma de se conhecer mais sobre os sujeitos pesquisados deve acontecer sempre de forma reflexiva, visando diminuir os efeitos que esta relação pode provocar. Sob esta perspectiva, faz-se necessário assumir uma postura de escuta ativa e metódica, sempre levando em consideração o contexto e a história dos sujeitos participantes. Daí a importância da participação da pesquisadora em todos os encontros que ocorreram ao longo da disciplina no sentido de contribuir para que os licenciandos se sentissem familiarizados com a mesma

e, conseqüentemente, mais a vontade para expressar suas ideias no momento da entrevista. Também neste sentido, o horário e o local onde as entrevistas aconteceram foram sugeridos pelos próprios licenciandos, de modo que se sentissem confortáveis com o ambiente e não precisassem se preocupar com a duração da entrevista. Ao iniciar cada entrevista, a pesquisadora perguntou se o/a licenciando/a se sentiria desconfortável com a presença da câmera. Na única situação em que isto aconteceu, o foco da câmera ficou apenas na pesquisadora, sem que o entrevistado aparecesse.

As entrevistas semiestruturadas constituíram a última etapa da coleta de dados, e foram realizadas após o término da disciplina. Nosso objetivo ao realizar as entrevistas era obter mais evidências sobre se, e como, os casos históricos abordados ao longo da disciplina IHQE favoreceram reflexões sobre NdC por parte dos licenciandos. Dessa forma, esperávamos que estes identificassem discussões sobre HC e NdC que foram importantes para eles e, ainda, de que modo os aspectos de NdC e HC os auxiliaram a se posicionar sobre tópicos relacionados à ciência. As questões básicas da entrevista são apresentadas no Apêndice 5. Todos os oito licenciandos foram entrevistados pela pesquisadora individualmente. As entrevistas duraram, em média, 50 minutos.

4.4 Metodologia de análise de dados

O primeiro passo para iniciar o processo de análise dos dados foi assistir aos vídeos relacionados aos encontros que ocorreram na disciplina. A partir disto, foi elaborado um portfólio de vídeo (POWELL; FRANCISCO; MAHER, 2004) com o objetivo de descrever cada um dos encontros. Como o foco de nossa análise eram as reflexões explicitadas pelos licenciandos, as descrições consistiram em sintetizar as mesmas e identificar os períodos de tempo em que elas ocorreram. Dessa forma, seria possível encontrar trechos do vídeo relevantes para a análise dos dados sempre que necessário. Este mesmo processo foi realizado para a análise das entrevistas.

Os portfólios de vídeo referentes às aulas e às entrevistas foram importantes não apenas para sistematizar os dados coletados, mas também para identificar padrões e fenômenos chave relevantes. A busca por evidências relevantes possibilitou selecionar os eventos significativos que seriam focados de maneira direta na análise. Nesse sentido, a partir do que foi explicitado pelos licenciandos nas entrevistas, observou-se que os encontros que contemplaram as discussões mais marcantes para os mesmos foram aqueles relacionados às Atividades 6, 7, 9 e 12 (apresentadas nos anexos 6, 7, 9 e 12, respectivamente). Por este motivo, optamos por destaca-las em nossa análise de dados, com exceção da Atividade 9. Os dados obtidos a partir dela não foram contemplados em nossa

análise de dados porque, embora tenham sido identificadas reflexões sobre NdC importantes a partir desta atividade, as mesmas estavam relacionadas a um caso contemporâneo da ciência, o que não se mostrou relevante para respondermos nossa questão de pesquisa.

Conforme mencionado anteriormente, neste trabalho desejávamos investigar como os casos históricos, analisados sob a perspectiva da ciência em construção, podem favorecer reflexões sobre NdC por parte de licenciandos. Por isso, optamos pela metodologia de estudo de caso pois, a partir desta, teríamos a chance de apresentar características e singularidades do processo vivenciado pelos licenciandos ao longo da disciplina. Dessa maneira, esperávamos compreender os dados obtidos à luz dessas características e singularidades e, assim, obter informações que nos possibilitassem responder à nossa questão de pesquisa.

Além disso, Yin (2001) aponta três critérios que justificam a escolha do estudo de caso como uma metodologia de análise de dados. O primeiro deles é a *questão de pesquisa* que, segundo o autor, deve ser do tipo “como” ou “por quê”. Tais tipos de questão de pesquisa buscam compreender fenômenos-chave que necessitam ser caracterizados ao longo do tempo, e não como incidências, ou repetições. Tal afirmação se mostra coerente com as questões que desejávamos investigar, pois seria de suma importância acompanharmos as reflexões explicitadas pelos licenciandos em diferentes situações, no decorrer de toda a disciplina. Sendo assim, os fenômenos-chave que esperávamos identificar deveriam ser analisados à luz de todo o processo vivenciado pelos licenciandos, e não apenas em situações específicas.

O segundo critério é a exigência ou não de controle sobre os eventos comportamentais. Nesse sentido, para elaborar um estudo de caso, o pesquisador coleta dados tendo acesso aos eventos comportamentais, mas sem possuir controle sobre os mesmos. Desse modo, os estudos de caso se diferem das pesquisas históricas, nas quais o pesquisador não possui acesso aos eventos comportamentais, nem controle sobre os mesmos; e também das pesquisas experimentais, nas quais o pesquisador pode manipular os eventos comportamentais. Tendo em vista que teríamos acesso aos eventos comportamentais por meio de observação direta, questionários e entrevistas, este segundo critério também se mostrou um aspecto favorável à elaboração de um estudo de caso.

Por fim, o terceiro critério apontado por Yin (2001) que justifica a opção pelo estudo de caso é o foco em acontecimentos contemporâneos, em detrimento de acontecimentos históricos. Naturalmente, nossa pesquisa atendia a este último critério, uma vez que desejávamos investigar processos ocorridos naquela sala de aula.

Yin (2001) também afirma que a metodologia estudo de caso pode ser utilizada quando o pesquisador “deliberadamente quiser lidar com condições contextuais – acreditando que elas podem ser altamente pertinentes ao seu fenômeno de estudo” (p. 22). Nesse sentido, acreditávamos que a perspectiva a partir da qual a HC foi abordada na disciplina IHQE seria altamente relevante para a compreensão dos fenômenos-chave que buscávamos identificar. Além disso, outro aspecto que caracteriza um estudo de caso é a utilização de evidências coletadas a partir de instrumentos diversos (YIN, 2001). Tal aspecto também foi contemplado, uma vez que nossa coleta de dados envolveu: observação direta de todas as aulas da disciplina com registro em áudio e vídeo; questionários escritos; registros escritos das atividades realizadas pelos licenciandos; e entrevistas.

Considerando as questões que desejávamos investigar, julgamos pertinente que cada licenciando fosse considerado um “caso” específico, ou seja, cada licenciando seria uma unidade primária de análise. Pensando nisso, no decorrer de toda a pesquisa, buscamos coletar informações diversas relacionadas a cada um dos sujeitos. Assim, produziríamos não um estudo de caso único (o que implicaria em a turma ser a unidade de análise), e sim um *estudo de casos múltiplos*.

Com vistas a selecionar quantos casos seriam construídos em nossa análise, foram definidos alguns critérios. O primeiro critério seria selecionar os licenciandos que tivessem expressado ideias de forma clara e justificada no momento da entrevista. Tal critério nos pareceu importante para que não fizéssemos afirmações categóricas a respeito de reflexões que não foram explicitadas de maneira concisa pelos licenciandos e que poderiam dar margem a interpretações diversas.

O segundo critério para a escolha dos casos foi a quantidade de informações relevantes sobre cada licenciando coletada ao longo da disciplina. Para isso, utilizamos as descrições dos encontros ocorridos ao longo da disciplina, com vistas a mapear as reflexões explicitadas por estes que pudessem dar suporte à construção de um estudo de caso. Nesse sentido, observamos que, embora alguns licenciandos tivessem expressado ideias claras nas entrevistas, os mesmos quase não haviam explicitado suas ideias da mesma maneira durante os encontros. A partir da análise dos vídeos, foi possível perceber que alguns licenciandos estavam claramente acompanhando as discussões, mas não faziam muitas intervenções. Alguns deles eram bastante tímidos, o que justifica tal comportamento. Sendo assim, naturalmente não seria possível fazer nenhuma afirmação sobre o que eles estariam pensando, o que limitou a coleta de informações relevantes sobre estes sujeitos.

Além disso, alguns licenciandos faltaram em alguns dos encontros. Justamente por não estarem presentes em algumas discussões, a coleta de informações relevantes sobre

aqueles sujeitos foi comprometida, inviabilizando o acesso às reflexões e aos pontos de vista dos mesmos que poderiam ser utilizados como evidências suficientes para dar suporte à elaboração dos casos.

O terceiro critério para a escolha dos casos foi a quantidade de intervenções no momento do planejamento da aula simulada (Atividade 12 – Apêndice 4). Assim como nas discussões que ocorreram ao longo da disciplina, alguns dos licenciandos participaram de poucos momentos durante os encontros destinados ao planejamento e execução daquelas aulas. Tais intervenções eram relevantes pois, naquele momento, os licenciandos tiveram a oportunidade de mobilizar seus conhecimentos sobre NdC e utilizá-los para a elaboração de uma aula. Assim, a partir das reflexões explicitadas por eles durante o planejamento e participação nas aulas, seria possível identificar, por exemplo, se (e quais) aspectos sobre NdC e/ou HC foram marcantes para eles; como eles utilizaram os conhecimentos sobre NdC e/ou HC para elaborar uma aula; e quais aspectos sobre estes tópicos eles consideraram importantes de serem inseridos na aula.

Finalmente, o quarto critério foi o tempo disponível para a conclusão desta dissertação. Considerando o necessário detalhamento de cada estudo de caso e das análises subsequentes, foi necessário restringir o número de casos a serem analisados.

A partir dos quatro critérios estipulados, foram selecionadas duas licenciandas (Diana e Maria, nomes fictícios), entre os oito licenciandos que participaram da disciplina, para fundamentarem nosso estudo de casos múltiplos. De acordo com Yin (2001), são suficientes de dois a três casos quando se deseja identificar padrões semelhantes em um estudo de casos múltiplos. Sendo assim, acreditamos que os dois casos, apresentados e discutidos no próximo capítulo, contêm evidências que dão suporte às discussões de nossas questões de pesquisa.

Para a estruturação do estudo de casos múltiplos, optamos por adotar uma *estrutura cronológica*. Tal forma de organizar um estudo de caso é apropriada quando se deseja traçar uma sequência de eventos ao longo do tempo, com vistas não apenas a apontar relações de causa e efeito, mas também, e principalmente, para que o leitor compreenda o processo que está sob investigação (COHEN; MANION; MORRISON, 2011). Pensando nisso, em cada um dos casos explicitamos informações relevantes a cada uma das licenciandas durante as Atividades 6, 7, e 12, assim como durante as entrevistas. Além disso, optou-se por incluir também as Atividades 1, 2 e 8. Isso porque as reflexões explicitadas pelos licenciandos quando da discussão destas atividades constituem algumas evidências sobre quais eram suas concepções sobre NdC ao início e no decorrer da disciplina.

Em alguns momentos do estudo de caso, foram inseridas sequências de diálogos que ocorreram nos encontros da disciplina, os quais contemplam falas de outros licenciandos (além de Diana e Maria) que estavam presentes. Desse modo, optamos por apresentar os nomes fictícios de cada um deles, com vistas a nortear o leitor: Bianca, Carol, Clarice, Davi, Flávia e Laura.

Por fim, destacamos que todo o processo de escolha da metodologia de análise de dados foi realizado conjuntamente entre a mestranda e a professora orientadora, com vistas a certificar que os dados de que dispúnhamos seriam adequados para as discussões que pretendíamos fazer. Posteriormente, a metodologia de análise de dados proposta foi discutida com alguns dos membros do grupo de pesquisa do qual a professora orientadora e a mestranda fazem parte, para que estes pudessem contribuir com apontamentos, visando aumentar a confiabilidade da pesquisa.

4.4.1 Adaptação do inventário de 'Dimensões de Confiabilidade na Ciência'

Conforme destacado anteriormente, no presente trabalho pretendíamos investigar como a HC, analisada sob a perspectiva da ciência em construção, favoreceu reflexões sobre ciência por parte dos licenciandos. Considerando tal objetivo e o aporte teórico utilizado na elaboração desta pesquisa, optamos por realizar uma adaptação do inventário de Dimensões de Confiabilidade na Ciência (DCC), proposto por Allchin (2011; 2013; 2017), previamente apresentado. Dessa maneira, desejávamos não apenas que o leitor compreendesse a natureza das reflexões expressadas pelos licenciandos, mas também a relevância destas reflexões para a análise crítica de afirmações científicas. Em outras palavras, desejávamos compreender de que modo tais reflexões se mostram pertinentes considerando o objetivo de se promover um ensino *funcional* de NdC.

Ao analisar a versão mais recente das DCC (ALLCHIN, 2017), observamos que a mesma não contempla algumas categorias importantes sobre o processo de produção do conhecimento científico, as quais foram expressas pelos licenciandos e interpretadas por nós como importantes para avaliar a confiabilidade de afirmações científicas. Além disso, o autor não apresenta uma definição concisa para cada uma das categorias do inventário de DCC, o que torna difícil relacionar as reflexões explicitadas às mesmas. Considerando as limitações apresentadas, optamos por fazer uma adaptação desta ferramenta, o que ocorreu em duas etapas: (i) apresentação de uma definição concisa para cada uma das categorias contempladas nas DCC; e (ii) inserção de categorias que não foram contempladas nas DCC. Em relação a esta última, salientamos que a inserção de novas categorias é algo recomendado por Allchin (2013). Conforme o próprio autor, o inventário não se encontra esgotado de todas as possíveis categorias epistêmicas funcionais que poderiam ser

contempladas. Por isso, julgamos coerente acrescentar novas categorias quando julgamos necessário.

Destacamos que o inventário das DCC não foi proposto com o objetivo de ser utilizado como ferramenta de análise. Conforme argumenta Allchin (2013), as DCC foram elaboradas com o objetivo de nortear o professor sobre possíveis reflexões que podem ser fomentadas a partir de uma aula que visa abordar NdC. Entretanto, acreditamos que, enquanto ferramenta de análise, as DCC podem contribuir para nortear discussões sobre a relevância das reflexões sobre NdC que ocorrem em um dado contexto.

Conforme discutido anteriormente, Allchin (2013) argumenta que, para se avaliar a confiabilidade das afirmações científicas, é necessário se ater a cada uma das etapas do processo de construção do conhecimento científico. Nesse sentido, ele argumenta que existe um histórico que caracteriza o processo de construção de uma afirmação científica. Sob esta perspectiva, ele propõe o inventário de Dimensões de Confiabilidade da Ciência, que contempla algumas categorias epistêmicas funcionais, as quais apresentam – por meio de uma série de passos – um panorama geral do processo que envolve a elaboração de uma afirmação científica. Estas categorias podem contribuir para que, ao conhecer o histórico que envolve a elaboração de uma afirmação científica, um estudante seja capaz de avaliar a credibilidade da mesma. A partir destas considerações apresentamos o que, em nosso entendimento, seria uma definição para cada uma das dimensões e categorias epistêmicas funcionais apresentadas pelo autor, assim como alguns indícios de que alguém as considera em suas falas e/ou ações.

1. Dimensão Observacional: compreende os processos de observação, medições, experimentação e utilização de instrumentos que podem caracterizar os estágios iniciais do processo de construção de uma afirmação científica.

1.1. Observações e Medições: tal categoria epistêmica funcional está relacionada ao direcionamento da atenção para um foco específico, com o objetivo de investigá-lo e/ou analisá-lo.

1.1.1. Precisão: Relaciona-se ao rigor na identificação e registro de um valor nos processos de observação e medição na ciência. Ao considerar esta categoria, uma pessoa pode, por exemplo, se questionar se os reagentes utilizados em um experimento estavam livres de contaminação, ou se um instrumento de medição foi calibrado devidamente.

1.1.2. Papel dos estudos sistemáticos (versus conclusões derivadas somente de experiências ocasionais): compreende a realização de determinados

procedimentos organizadamente visando a obtenção de dados. Tais procedimentos podem, por exemplo, informar se uma afirmação foi elaborada a partir de um estudo sistemático rigoroso ou a partir de experiências ocasionais.

- 1.1.3. Evidências consistentes: em um estudo científico, é necessário apresentar evidências concisas que deem suporte a determinada afirmação científica.
- 1.1.4. Coerência entre diferentes tipos de dados: os dados obtidos a partir de diferentes fontes devem estar articulados entre si, conferindo maior confiabilidade a um estudo científico. Por exemplo, ao identificar a articulação entre dados obtidos a partir de fontes diversas, uma pessoa pode inferir sobre a (maior ou menor) confiabilidade de determinada afirmação científica.
- 1.2. Experimentos: tal categoria epistêmica funcional está relacionada aos diversos procedimentos possíveis de serem utilizados ao longo de uma pesquisa científica.
 - 1.2.1. Controle de variáveis: ao se investigar sobre a influência de um agente sobre determinado fenômeno, é necessário haver o controle de variáveis. Ao analisar o controle de variáveis, uma pessoa pode, por exemplo, avaliar se um resultado foi obtido em função de determinado agente, ou se outros agentes podem ter influenciado tal resultado.
 - 1.2.2. Estudos do tipo cego e duplo-cego: em experimentos realizados com humanos (por exemplo, aqueles realizados na área médica), é necessário que sejam feitos estudos do tipo cego, no qual os indivíduos pesquisados desconhecem se fazem parte do grupo controle ou do grupo experimental em uma pesquisa; ou duplo-cego, estudos nos quais nem os indivíduos pesquisados e nem o pesquisador conhecem o grupo controle e o grupo experimental. Por compreender metodologias que visam atenuar possíveis vieses nas pesquisas, tais estudos conferem maior confiabilidade a uma afirmação científica que foi elaborada a partir dos mesmos.
 - 1.2.3. Análise estatística de erro: as análises estatísticas de erro fornecem parâmetros (por exemplo, margem de erro) que permitem inferir sobre a precisão de um dado. Dependendo da margem de erro presente nos

dados apresentados, uma pessoa pode atribuir maior ou menor confiabilidade a uma afirmação científica.

1.2.4. Replicação e tamanho da amostra: a quantidade de vezes em que um experimento foi replicado pode ser utilizada como parâmetro para avaliar a confiabilidade dos resultados apresentados em um estudo. Quanto maior for o número de vezes que um resultado foi identificado, maior será a confiabilidade do mesmo. Além disso, o tamanho da amostra também pode ser um parâmetro para se avaliar sobre a confiabilidade dos resultados de um estudo. Isso porque quanto maior a amostra, maiores serão as chances de que uma generalização não esteja sendo feita ingenuamente.

1.3. Instrumentos: tal categoria epistêmica funcional está relacionada ao desenvolvimento de técnicas de medição, registro e controle de processos, bem como aplicação das mesmas.

1.3.1. Novos instrumentos e validação dos mesmos: o surgimento de novos instrumentos de análise de dados requer que os mesmos sejam validados. Nesse caso, ao se deparar com um novo instrumento de análise de dados, uma pessoa pode questionar, por exemplo, quais foram os métodos utilizados para validá-lo ou, ainda, se tal instrumento contém, de fato, os elementos necessários para a análise do fenômeno em questão.

1.3.2. Modelos: em estudos nos quais modelos forem utilizados na análise de um fenômeno, uma pessoa pode questionar, por exemplo, sobre as abrangências, limitações, poder de generalização e previsão de tais modelos.

1.3.3. Ética nos experimentos que envolvem humanos: em pesquisas que envolvem experimentos com humanos, é necessário que os objetivos e as metodologias utilizadas tenham sido aprovados por um comitê de ética. Esta validação visa conferir maior legitimidade aos métodos utilizados na coleta e análise de dados destas pesquisas, assim como garantir que nenhum dano seja causado aos indivíduos que participaram das mesmas.

2. Dimensão Conceitual: Compreende os processos cognitivos do cientista relacionados ao desenvolvimento do conhecimento científico.

- 2.1. Padrões de raciocínio: tal categoria epistêmica funcional está relacionada aos processos mentais que ocorrem durante a construção e uso do conhecimento científico pelo cientista.
 - 2.1.1. Relevância da evidência: no processo de produção do conhecimento científico, em meio a um amplo espectro de dados, um cientista precisa identificar quais deles irão se constituir em evidências relevantes para dar suporte a uma determinada afirmação científica.
 - 2.1.2. Informação verificável versus valores: no processo de produção do conhecimento científico, um cientista precisa apresentar as informações que, de fato, são verificáveis e fazer o possível para atenuar aquelas que podem conter possíveis vieses.
 - 2.1.3. Papel da probabilidade e inferência: no processo de produção do conhecimento científico, um cientista pode, eventualmente, fazer generalizações a partir de métodos como a probabilidade e a inferência estatística. Ao avaliar a confiabilidade de tais generalizações, uma pessoa pode questionar, por exemplo, sobre o contexto da pesquisa no qual foram utilizadas tais metodologias, bem como sobre as limitações das mesmas para analisar determinada situação.
 - 2.1.4. Explicações alternativas: no processo de produção do conhecimento científico, um cientista precisa considerar outras maneiras possíveis de explicar um fenômeno em estudo.
 - 2.1.5. Correlação versus causa: no processo de produção do conhecimento científico, um cientista deve reconhecer as diferenças entre a existência de correlação entre duas variáveis e a existência de causalidade entre duas variáveis. Ao identificar estas diferenças, uma pessoa pode, por exemplo, questionar sobre a confiabilidade de uma afirmação científica ao avaliar se duas variáveis foram relacionadas adequadamente.
- 2.2. Dimensões históricas: tal categoria epistêmica funcional está relacionada à historicidade do processo de elaboração do conhecimento científico por parte dos cientistas.
 - 2.2.1. Coerência com evidências já estabelecidas: no processo de produção do conhecimento, um cientista deve avaliar se suas hipóteses se mostram coerentes com os conhecimentos que já estão estabelecidos em sua área de interesse. De maneira similar, ao avaliar a confiabilidade de uma

afirmação científica, uma pessoa pode questionar se as hipóteses elaboradas a partir de um estudo estão devidamente articuladas àquilo que já se sabe sobre determinado conhecimento científico.

2.2.2. Papel de analogias e de raciocínio interdisciplinar: no processo de produção do conhecimento, um cientista poderá elaborar analogias utilizando os conhecimentos que possui sobre sua área de interesse, assim como relacioná-los a outras áreas da ciência. Assim, ao avaliar a confiabilidade de uma afirmação científica, uma pessoa pode verificar se foram apresentadas analogias e/ou raciocínios interdisciplinares plausíveis em um estudo, assim como questionar a natureza dos mapeamentos estabelecidos entre os dois domínios comparados.

2.2.3. Mudança conceitual: no processo de produção do conhecimento científico, um cientista pode modificar o modo como interpreta um fenômeno em função da identificação de novas evidências, do acesso a novos dados, ou da utilização de novos referenciais teóricos.

2.2.4. Tentativa e erro: no processo de produção do conhecimento científico, os métodos de coleta e análise dos dados, bem como as interpretações dadas aos fenômenos por parte de cientistas, podem produzir resultados insatisfatórios. Neste caso, é necessário revisar e/ou modificar algumas etapas que envolvem a elaboração de um conhecimento. Ao reconhecer que ocorrem tentativas e erros na ciência, uma pessoa pode avaliar o modo como um cientista (ou um grupo de cientistas) buscou contornar e solucionar o aparecimento de situações inesperadas.

2.2.5. Papel da imaginação e criatividade: no processo de produção do conhecimento científico, os cientistas podem ser criativos ao propor: metodologias de coleta e análise dos dados, modelos, interpretações para os fenômenos etc.

2.3. Dimensões humanas: tal categoria epistêmica funcional contempla aspectos relacionados diretamente com o indivíduo, tais como: sua personalidade, sua motivação (intrínseca e/ou extrínseca), seus sentimentos etc.

2.3.1. Espectro de motivações para fazer ciência: um cientista pode se sentir motivado a fazer ciência por fatores que podem ser intrínsecos a ele como, por exemplo, a apreciação pela ciência e sua maneira de conhecer o mundo; assim como por fatores extrínsecos como, por exemplo, o

reconhecimento (intelectual e/ou financeiro) a ser conquistado ao fazer ciência.

- 2.3.2. Espectro de personalidades humanas: cada cientista possui uma personalidade diferente. Ao reconhecer este lado humano do cientista, uma pessoa pode compreender, por exemplo, sobre como este se relaciona com os pares e de que maneira tal relação pode influenciar o processo de produção do conhecimento científico.
- 2.3.3. Papel das concepções prévias dos cientistas: as concepções prévias dos cientistas podem influenciar o modo como eles interpretam fenômenos e propõem explicações para os mesmos. Ao avaliar a confiabilidade de uma afirmação científica, uma pessoa pode considerar, por exemplo, que dois cientistas com formação acadêmica distinta podem elaborar interpretações diferentes para um mesmo fenômeno.
- 2.3.4. Percepção de risco emocional versus percepção de risco baseada em evidência: no processo de produção do conhecimento, um cientista pode tomar decisões precipitadas ou inadequadas baseadas em sua percepção de risco fundamentada em emoções. De maneira diferente, um cientista pode tomar decisões mais racionais (e, portanto, menos enviesadas) baseadas em sua percepção de risco fundamentada em evidências.
- 2.3.5. Não genialidade dos cientistas: ao longo do processo de produção de conhecimento, os cientistas podem cometer erros, visto que não são seres geniais, infalíveis e de inteligência extraordinária. Isto resulta em o conhecimento científico poder ser questionado e em não ser necessário ser um gênio para ser um cientista.

3. Dimensão Sociocultural: Compreende os aspectos socioculturais que permeiam a produção, comunicação e validação do conhecimento científico.

3.1. Práticas e costumes: tal categoria epistêmica funcional está relacionada a práticas, costumes e tradições aceitas na comunidade científica como importantes nos processos de produção, comunicação e validação do conhecimento científico.

3.1.1. Colaboração e competição entre os cientistas: no processo de produção de conhecimento científico, os cientistas podem trabalhar de maneira

colaborativa ou, ao contrário, podem trabalhar de maneira competitiva, visando alcançar determinado resultado e/ou obter reconhecimento.

- 3.1.2. Formas de persuasão: no processo de comunicação e validação do conhecimento científico, os cientistas necessitam convencer os pares da veracidade ou coerência de suas ideias. Isso porque o convencimento dos pares é essencial para que determinadas afirmações sejam aceitas como científicas ou, ainda, para que este convencimento contribua para o financiamento de pesquisas.
- 3.1.3. Credibilidade: o reconhecimento de um cientista ou de um grupo de pesquisa dentro de uma comunidade é muito importante para a maior (ou menor) aceitação de uma afirmação científica. Assim, ao avaliar a confiabilidade de uma afirmativa, uma pessoa pode analisar em que extensão a credibilidade de um cientista ou de um grupo de pesquisa influenciou na aceitação da mesma.
- 3.1.4. Revisão por pares e resposta a críticas: todo conhecimento científico produzido deve ser avaliado pelos pares, visando sua validação. Neste processo, críticas são feitas, as quais devem ser respondidas pelo cientista ou grupo de cientistas responsáveis pela produção de tal conhecimento. À medida em que as críticas são feitas e respondidas de maneira concisa, determinado conhecimento é mais aceito em uma comunidade. Assim, frente a um conjunto de críticas, quanto maior o número de respostas consistentes, maior tende a ser a confiabilidade de uma afirmação científica.
- 3.1.5. Resolução de controvérsias: o processo de comunicação e validação do conhecimento científico pode envolver a resolução de controvérsias. Estas ocorrem quando interpretações diferentes são dadas para um mesmo fenômeno ou quando cientistas fazem afirmações que se contradizem. Nesse sentido, a resolução de controvérsias ou, pelo menos, a existência de um espectro de evidências que dê maior suporte a uma das vertentes de tal controvérsia, pode ser um caminho para se avaliar a confiabilidade de uma afirmação científica.
- 3.1.6. Liberdade acadêmica: no processo de produção do conhecimento, a liberdade acadêmica está relacionada à possibilidade de um cientista conduzir um estudo por motivações pessoais ou afinidade por um tema.

De maneira diferente, um cientista também poderá conduzir sua pesquisa movido, por exemplo, pelos interesses de seus agentes financiadores.

- 3.2. Vieses: tal categoria epistêmica funcional está relacionada à influência de valores culturalmente construídos no processo de produção do conhecimento científico.
 - 3.2.1. Vieses de crenças culturais (ideologias, religião, nacionalidade etc.): as crenças culturais dos cientistas podem influenciar⁹ o modo como eles interpretam e propõem explicações para determinados fenômenos.
 - 3.2.2. Vieses de gênero: questões relacionadas ao gênero dos/das cientistas podem influenciar o modo como o conhecimento científico é produzido.
 - 3.2.3. Vieses de raça ou classe: questões relacionadas à raça ou à classe dos/das cientistas podem influenciar o modo como o conhecimento científico é produzido.
- 3.3. Economia/Financiamento: tal categoria epistêmica funcional está relacionada aos aspectos econômicos que tangem o financiamento de pesquisas, bem como à influência desse financiamento na produção do conhecimento científico.
 - 3.3.1. Instituições de fomento: reconhecimento da existência de instituições que financiam pesquisas e, assim, contribuem para o desenvolvimento do conhecimento científico.
 - 3.3.2. Conflitos de interesse: uma vez que existe o financiamento de pesquisa por parte de uma instituição ou sujeito, podem ocorrer conflitos de interesse. Assim, determinados conhecimentos desenvolvidos ou resultados obtidos a partir de uma pesquisa podem ser omitidos ou revelados conforme os interesses do agente financiador. Por isso, ao se avaliar a confiabilidade de uma afirmação científica, uma pessoa pode questionar sobre a existência de alguma influência dessa natureza.

⁹ Nesta subcategoria, assim como nas subcategorias 3.2.2 e 3.2.3, as 'influências' dos vieses (crenças culturais, gênero e raça) na produção do conhecimento podem estar relacionadas, por exemplo, ao modo como dados são interpretados, à obtenção de financiamento de pesquisas ou à credibilidade de um cientista diante da comunidade científica. Ou seja, estes aspectos podem influenciar o curso do desenvolvimento das ideias científicas. Assim, o termo 'influenciar' não está imbuído de nenhum juízo de valor, ou seja, não se refere a influências positivas ou negativas.

- 3.4. Comunicação: tal categoria epistêmica funcional está relacionada aos processos de comunicação do conhecimento científico, bem como às especificidades e normas desta comunicação.
 - 3.4.1. Normas para o tratamento de dados científicos: existem regras metodológicas que permeiam o processo de tratamento e análise de dados científicos. Tais regras metodológicas podem variar dependendo da área de conhecimento da ciência (por exemplo, os dados de pesquisas em Química Orgânica não serão analisados da mesma forma que os dados obtidos em pesquisas em Antropologia). Contudo, não obstante a as especificidades de cada área de pesquisa, existem metodologias que lhes são adequadas e que, quando executadas com rigor, podem conferir maior (ou menor) credibilidade às mesmas.
 - 3.4.2. Tipos de gráficos: no processo de comunicação do conhecimento científico, gráficos de diferentes tipos podem ser utilizados, visando apresentar informações de maneira precisa, as quais irão nortear discussões e/ou dar suporte a alguma afirmação científica.
 - 3.4.3. Credibilidade dos diversos periódicos científicos e mídia de notícias: a credibilidade de uma pesquisa pode ser avaliada utilizando-se como parâmetro a credibilidade do periódico científico e/ou da mídia de notícias em que tal pesquisa foi comunicada.
 - 3.4.4. Fraude e outras formas de má conduta: no processo de comunicação de determinado conhecimento, podem ocorrer fraudes, seja por meio da apresentação de informações falsas, manipuladas ou enviesadas, ou por meio da omissão de informações importantes de serem apresentadas em uma pesquisa.
 - 3.4.5. Responsabilidade social dos cientistas: os cientistas, principais agentes no processo de produção do conhecimento científico, devem ter consciência dos possíveis desdobramentos que a comunicação ou omissão de informações obtidas a partir de uma pesquisa podem ter para a sociedade.
- 3.5. Contexto: tal categoria epistêmica funcional está relacionada às influências dos contextos histórico, social, político e econômico na produção do conhecimento científico.

- 3.5.1. Contexto histórico e social: o processo de produção do conhecimento científico pode influenciar e/ou ser influenciado pelo contexto histórico e social no qual uma comunidade de cientistas está inserida. Por exemplo, algumas pesquisas podem ser iniciadas em função de uma necessidade específica de determinado período histórico.
- 3.5.2. Contexto político: o processo de produção do conhecimento científico pode influenciar e/ou ser influenciado pelo contexto político no qual uma comunidade de cientistas está inserida. Por exemplo, um cientista pode perder seu posto de trabalho como pesquisador em uma instituição em função de divergências políticas com dirigentes ou financiadores da instituição. Tal intercorrência pode influenciar os rumos de determinada pesquisa.
- 3.5.3. Contexto econômico: o processo de produção do conhecimento científico pode influenciar e/ou ser influenciado pelo contexto econômico. Por exemplo, determinados tipos de pesquisa podem receber maior visibilidade e/ou maior apoio por parte de agentes financiadores caso se mostrem promissoras em termos econômicos.

A seguir, apresentamos um quadro (Quadro I) com o objetivo de apresentar ao leitor um panorama do que compõe o inventário das DCC e suas respectivas categorias epistêmicas funcionais e subcategorias. A cada item que compõe o inventário foi atribuído um código, conforme numeração na lista anterior, visando facilitar a utilização desta ferramenta no processo de análise dos dados. Na próxima sessão explicitamos, de maneira mais detalhada, o modo como tal ferramenta norteou nossa análise.

Quadro 4.1. Adaptação do Inventário das DCC proposto por Allchin (2017). (continua)

Dimensões	Categorias Epistêmicas Funcionais	Subcategorias
<i>Observacional</i> (1)	Observações e Medições (1.1)	Precisão (1.1.1)
		Papel dos estudos sistemáticos (versus conclusões derivadas somente de experiências ocasionais) (1.1.2)
		Consistência das evidências (1.1.3)
		Coerência entre diferentes tipos de dados (1.1.4)
	Experimentos (1.2)	Controle de variáveis (1.2.1)
		Estudos do tipo cego e duplo-cego (1.2.2)
		Análise estatística de erro (1.2.3)
		Replicação e tamanho da amostra (1.2.4)
	Instrumentos (1.3)	Novos instrumentos e validação dos mesmos (1.3.1)
		Modelos (1.3.2)
		Ética nos experimentos que envolvem humanos (1.3.3)
<i>Conceitual</i> (2)	Padrões de raciocínio (2.1)	Relevância da evidência (2.1.1)
		Informação verificável versus valores (2.1.2)
		Papel da probabilidade e inferência (2.1.3)
		Explicações alternativas (2.1.4)
		Correlação versus causa (2.1.5)
	Dimensões Históricas (2.2)	Coerência com evidências já estabelecidas (2.2.1)
		Papel de analogias e de raciocínio interdisciplinar (2.2.2)
		Mudança conceitual (2.2.3)
		Tentativa e erro (2.2.4)
		Papel da imaginação e criatividade (2.2.5)
	Dimensões Humanas (2.3)	Espectro de motivações para fazer ciência (2.3.1)
		Espectro de personalidades humanas (2.3.2)
		Papel das concepções prévias dos cientistas (2.3.3)
		Percepção de risco emocional versus percepção de risco baseada em evidências (2.3.4)
		Não genialidade dos cientistas (2.3.5)

Quadro 4.1. Adaptação do Inventário das DCC proposto por Allchin (2017). (continuação)

Dimensões	Categorias Epistêmicas Funcionais	Subcategorias
<i>Sociocultural</i> (3)	Práticas e costumes (3.1)	Colaboração e competição entre cientistas (3.1.1)
		Formas de persuasão (3.1.2)
		Credibilidade (3.1.3)
		Revisão por pares e resposta a críticas (3.1.4)
		Resolução de controvérsias (3.1.5)
		Liberdade acadêmica (3.1.6)
	Vieses (3.2)	Vieses de crenças culturais (3.2.1)
		Vieses de gênero (3.2.2)
		Vieses de raça ou classe social (3.2.3)
	Economia / financiamento (3.3)	Órgãos de fomento (3.3.1)
		Conflitos de interesse (3.3.2)
	Comunicação (3.4)	Normas para o tratamento de dados científicos (3.4.1)
		Gráficos (3.4.2)
		Credibilidade de periódicos científicos e mídia de notícias (3.4.3)
		Fraude ou outras formas de má conduta (3.4.4)
		Responsabilidade social do cientista (3.4.5)
	Contexto (3.5)	Contexto histórico e social (3.5.1)
		Contexto Político (3.5.2)
		Contexto Econômico (3.5.3)

4.4.2 Utilizando o inventário das DCC na análise dos dados

Nesta sessão, apresentamos o modo como o inventário das DCC foi utilizado para a análise dos dados neste trabalho. Primeiramente, foram sistematizadas todas as reflexões expressas pelas licenciandas Diana e Maria ao longo dos Eventos II, III e V (apresentados no Capítulo 5). Tais eventos foram escolhidos pois contemplavam as discussões que ocorreram a partir das atividades desenvolvidas ao longo da disciplina IHQE definidas como importantes para investigar a natureza das reflexões sobre NdC e HC.

Na sequência, cada uma das reflexões expressas pelas licenciandas foi relacionada a uma das subcategorias que compõem o inventário das DCC. Tais reflexões não necessariamente estavam relacionadas à análise da confiabilidade de uma afirmação científica. Entretanto, acreditamos que a natureza das reflexões expressas pelas licenciandas se mostra coerente com as definições atribuídas para as categorias epistêmicas

funcionais contempladas no inventário das DCC. No quadro 4.2, apresentamos dois exemplos de como cada reflexão foi relacionada à uma subcategoria do inventário.

Quadro 4.2. Exemplo da utilização do inventário das DCC na análise dos dados.

Evento	Transcrição	(Subcategorias do inventário das DCC)
II	<i>Os cientistas hoje continuam enxergando, analisando, interpretando os resultados de acordo com aquilo que eles acreditam.</i>	2.3.3
	<i>Eu acho que era como se fazia ciência naquela época. Eles achavam que tinha que ter um fato concreto, uma análise, observar... e ali dentro do texto, ela [se referindo à Margareth Mead] fala uma coisa que eu achei até muito interessante... o objeto de estudo dela é subjetivo, é alterado, é mutável...</i>	3.4.1

No primeiro exemplo, a licencianda explicitou uma reflexão que possui relação com a subcategoria 2.3.3 – Papel das concepções prévias dos cientistas, enquanto no segundo exemplo, sua reflexão se relaciona à subcategoria 3.4.1 – Normas para o tratamento de dados científicos, segundo a qual, existem metodologias adequadas para a análise de dados que são específica para cada área de conhecimento da ciência.

Tal proposta de tratamento dos dados nos permitiu compreender melhor sobre a natureza das reflexões que foram fomentadas a partir de cada uma das atividades que nos propusemos a analisar. Além disso, foi possível a construção de um gráfico visando apresentar ao leitor um panorama das reflexões sobre NdC que surgiram em cada um dos eventos analisados. Este gráfico é apresentado no Capítulo 6.

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os dois casos que irão compor nosso estudo de casos múltiplos. O primeiro caso se refere à licencianda Diana e o segundo à licencianda Maria. Conforme salientado no capítulo anterior, cada caso contempla as informações relevantes relativas a uma das licenciandas ao longo de toda a disciplina IHQE. Tais informações correspondem a reflexões, argumentos e ideias explicitadas pelas mesmas, as quais serão apresentadas em uma sequência cronológica de eventos.

5.1 Caso I: Diana

5.1.1 *Evento I. Afinal, o que é ciência?*

Conforme mencionado anteriormente, a Atividade 1 (Questionário I, Anexo 1), tinha por objetivo gerar informações sobre a trajetória acadêmica dos licenciandos e favorecer a compreensão de quais eram as suas concepções sobre HC e NdC. Portanto, ele foi respondido anteriormente a quaisquer discussões sobre HC e NdC que ocorreram na disciplina. No que diz respeito à sua trajetória acadêmica, Diana destacou que, até aquele momento da Graduação, havia participado apenas de uma conferência, relacionada à Química Ambiental. Além disso, ela nunca havia feito Iniciação Científica, ou participado de qualquer projeto de pesquisa. Ao ser questionada sobre outras experiências que julgava terem sido importantes para sua formação científica, a licencianda mencionou que havia participado de palestras relacionadas ao tema Tecnologia.

Ainda em relação à trajetória acadêmica de Diana, ela destacou que já havia concluído a disciplina História da Química A e que, naquele semestre, estava cursando a disciplina História da Química B (ambas disciplinas obrigatórias do curso). A disciplina História da Química A contemplava aspectos históricos relacionados a alguns conhecimentos, tais como: processos de elaboração de técnicas de controle do fogo, produção de vidros, pigmentos e cerâmicas; práticas metalúrgicas; filósofos gregos pré-Socráticos; conceito de elemento e transformação; alquimia; Química técnica renascentista; revolução Química; e os trabalhos de Lavoisier. A disciplina História da Química B contemplava temas relacionados à Química nos séculos XIX e XX, especialmente: Química no Brasil; leis ponderais e volumétricas; Teoria Atômica de Dalton; Teoria Atômico-Nuclear de Avogadro e Cannizaro; Teoria dualista de Berzelius; Vitalismo e Antivitalismo; e Arquitetura Molecular. Contudo, ainda que já tivesse vivenciado tais experiências, a licencianda avaliou seu conhecimento sobre HC como “básico e fragmentado” ao responder a uma das questões do Questionário.

Com vistas a avaliar o que os licenciandos pensavam sobre ciência, uma das questões do Questionário solicitava que eles respondessem o que diriam a um amigo caso tivesse que explicá-lo sobre “o que é ciência”. Ao responder a esta questão, Diana explicitou que:

Eu diria a ele que ciência é o estudo do mundo, que busca responder o porquê ou como a natureza/mundo é.¹⁰

Nesta resposta, Diana definiu ciência como uma maneira de explicar a natureza. Nesta e em outras respostas da licencianda, foi possível identificar que ela enfatizou o estudo dos fenômenos naturais como algo intrínseco às práticas científicas. Nesse sentido, ela não mencionou, de maneira explícita, fenômenos sociais como um possível objeto de investigação da ciência. Por exemplo, ao ser questionada sobre o que uma pessoa deve aprender para que ela entenda sobre ciências, Diana respondeu:

Aprender a racionalizar sobre ações e fenômenos que não são visíveis a olho nu. A não ser por experimentos. A grande dificuldade que vejo, é fazer as pessoas entenderem situações/realidade que fogem do macro.

Além da ênfase dada aos fenômenos naturais, Diana também salientou a “racionalização” sobre tais fenômenos como algo importante. Em outras de suas falas foi possível perceber, ainda, que ela sempre se referia a alguns passos intrínsecos ao “método científico”¹¹ para caracterizar as práticas científicas. Por exemplo, ao ser questionada sobre o porquê de os cientistas realizarem experimentos, ela respondeu que estes são necessários para “comprovar teorias ou procurar explicações para algum fenômeno”. Ou, ainda, ao responder como conflitos de ideias são resolvidos na ciência, a licencianda explicou que “levanta-se hipóteses e se tenta provar empiricamente a resposta”.

A partir das respostas do Questionário I, percebemos que Diana se referia à ciência como algo relacionado aos fenômenos naturais e que a mesma poderia ser “comprovada” por meio de experimentos. Além disso, a licencianda não mencionou aspectos sociais, ou as motivações e as teorias prévias dos cientistas como aspectos que podem influenciar a produção de conhecimento na ciência. Contudo, ela mencionou o contexto histórico como algo que influencia a produção de conhecimento. Ao comentar a afirmativa ‘Não entendo porque tanto interesse em História da Química. O que importa é a Química.’, Diana respondeu:

¹⁰ Todas as falas dos licenciandos que estão em destaque são grafadas em itálico.

¹¹ O termo “método científico” foi colocado entre aspas em referência à concepção de que o conhecimento científico é produzido a partir de um único método, algorítmico e infalível.

A história importa, o contexto de como algo foi descoberto ou como se prova uma “verdade” pode interferir em como se explica ou se entende algo.

Em outra questão, ao comentar sobre a afirmativa ‘Não vejo o menor sentido em introduzir História da Ciência no ensino. O que importa é o aluno aprender o conteúdo.’, Diana explicitou que:

Antes que o aluno entenda conceitos e explicações que fogem, algumas vezes, do senso comum, ele precisa saber como se pensou nisso. Por que se descobriu tal conceito? Qual o pensamento inicial para que tal estudo tenha surgido?

Tal resposta parece indicar que Diana considerava importante compreender sobre o contexto histórico no qual os conhecimentos foram produzidos e sobre como estes se desenvolveram ao longo do tempo. Contudo, a licencianda não explicou de que modo o contexto histórico influencia a produção de conhecimento, ou por que entender o contexto histórico é importante. Além disso, ao se referir às práticas científicas, a licencianda as caracterizou como uma atividade neutra e a partir da qual é possível comprovar teorias e/ou hipóteses, por meio de experimentos. A nosso ver, isto indica que Diana ainda não possuía uma compreensão ampla sobre NdC.

Após os licenciandos terem respondido ao Questionário I, a professora os questionou visando fomentar discussões iniciais sobre NdC e identificar qual era a visão de ciência dos licenciandos naquele momento. Para isso, ela iniciou a discussão perguntando para a turma “o que é ciência?”. Ainda que Diana não tivesse mencionado os fenômenos sociais como possível objeto de investigação da ciência de forma explícita, a licencianda o fez ao responder à pergunta da professora.

Primeiro eu fiquei assim... porque tem as ciências naturais e tem as ciências humanas. Não dá para englobar só um lado, tem que ser os dois. Porque eu pensei mais na parte de Química mesmo... Física, Matemática... aí eu fiquei pensando assim... Bom, é um estudo de mundo, que reflete tanto o porquê... tenta responder o porquê das coisas, o como as coisas acontecem tanto na parte das estruturas da natureza, quanto na parte humana... o comportamento humano, o pensamento humano... pensei mais nesse sentido.

Assim, embora não tenha deixado explícito no Questionário I, a licencianda considerava os fenômenos sociais como um possível objeto de investigação da ciência. Contudo, em um momento posterior da discussão, a professora questionou como os estudos são realizados na ciência. Ao responder, Diana se referiu apenas a metodologias típicas das ciências naturais.

PF¹²: Agora, quando a gente fala ‘estudo’, como é este estudo? Como a ciência é feita? Como a gente estuda as coisas?

Diana: *Analisando... tem a parte empírica também, de você provar aquilo... você observa, você acha uma explicação e cria alguma coisa para provar que a sua explicação é verdadeira... algum experimento, alguma coisa nesse sentido.*

Apesar de reconhecer a influência do contexto histórico sobre as práticas científicas e a importância de compreender como as ideias evoluíram na ciência, Diana se referia à ciência como uma atividade neutra. Isso porque, nas palavras da licencianda, identificamos que, para ela, a produção de conhecimento era reduzida a algumas etapas do “método científico”. Nesta resposta, a licencianda não explicitou de que modo o contexto que permeia a ciência a influencia.

Em um momento posterior deste encontro, a professora solicitou que os licenciandos realizassem a Atividade 2 (“Guardachuvologia”, Anexo 2). Seguiu-se uma discussão, com vistas a fomentar reflexões sobre quais aspectos tornam um conhecimento mais ou menos científico.

PF: Bom, a gente tinha falado mais ou menos, pensando de forma geral, que a ciência era um estudo fundamentado em alguma coisa. A gente não usou exatamente essa palavra, mas eu sintetizei baseado no que a gente falou aqui... ou vai ter alguma observação, alguma teoria, quer dizer... não é uma coisa do nada. Ciência também tem a ver com explicar, quer dizer... explicação é uma coisa importante na ciência! A gente vai produzir conhecimento, vai usar conhecimento... essas são algumas das coisas que a gente tinha falado aqui. Agora vamos pensar em termos desse exemplo: A Guardachuvologia é ciência ou não é ciência?

Neste momento, cinco dos licenciandos responderam que não e apenas um respondeu que sim. Para iniciar o debate, a professora solicitou que eles lessem suas respostas.

PF: Por que vocês acham que a Guardachuvologia não é uma ciência? Não estou dizendo nem que é um, nem que é outro. Por que vocês acham que não é ciência? Vamos ver a maioria primeiro.

Diana: *Eu coloquei assim: “Apesar de se basear em testes, levantar teorias, o conteúdo em estudo não é um fenômeno e nem uma ação que levará a questionamentos futuros. É uma análise específica, um estudo específico, de um comportamento, que é o fato de ter ou usar um objeto. Em cima desse*

¹² Aqui e em outros momentos do texto, a sigla PF foi utilizada como uma abreviação para a palavra ‘professora’.

estudo não houve a construção de uma ciência, que é responder justamente os porquês, os “como” de alguma coisa.”

Neste momento, os demais licenciandos também apresentaram suas ideias em torno de porque a Guardachuvologia não poderia ser considerada uma ciência. O fato de Davi ter defendido o posicionamento contrário gerou um debate em torno de o que é necessário para que algo seja considerado uma ciência. Maria argumentou que é necessário que um assunto seja do interesse de muitas pessoas para que ele seja considerado uma ciência. Contudo, a professora contrapôs a ideia da licencianda, afirmando que existem muitos assuntos que não são do seu interesse pessoal (por exemplo, comportamento animal) e, ainda assim, são considerados uma ciência. Logo, o critério “interesse” não poderia ser levado em consideração ao avaliar se um conhecimento é ou não uma ciência. Nesse momento, Diana apresentou para a turma seu ponto de vista sobre a questão que estava sendo debatida.

Davi: *Então, por exemplo, só porque eu não me interessar por um assunto... por exemplo, eu não me interessar por psicologia... eu não posso dizer que aquilo não é uma ciência. Tipo assim, só porque não tem gente interessado naquilo... se tem uma pessoa interessada, e está descrevendo aquilo com o método científico, eu considero que aquilo é uma ciência.*

Diana: *Mas será que basta só uma pessoa considerar aquilo interessante para aquilo se tornar uma ciência? Acho que ciência é um pouco mais amplo.*

PF: Isso é algo importante...

Diana: *Pensa... igual você falou, por exemplo, ciência que envolve política, a parte social... faz estudo sobre como a história reflete naquela sociedade, sobre como é o pensamento daquela tribo, por exemplo... de como funciona, como é que... tem algo muito maior que simplesmente o interesse do observador. Eu não sei falar o que é... também não sei o que é... mas parece que é um estudo maior.*

PF: Eu acho que a questão interesse, é algo que a gente não deve levar em conta, acho que isso já ficou bem claro. Porque pode me interessar... eu não sou utópica como a Maria não, que acredita que todo mundo se interessa por Química, porque tem um monte de gente que não está nem aí para Química...

Clarice: *Mas independente disso, a Química contribui, mesmo que não reconheçam...*

Diana: *Mas o negócio dele também contribui... por exemplo, ele conseguia definir que os homens gostavam mais de cores neutras ou preto, o [guarda-chuva] das mulheres tinha mais cor. Ele conseguia, por estatística, dizer qual que seria o dono... o provável dono daquele objeto. Mas apesar de influenciar, de gerar um conhecimento, de gerar uma explicação, de gerar alguma estatística, falta alguma coisa... falta algo maior.*

Em um momento posterior da discussão, a professora destacou que, segundo o relato, a Guardachuvologia foi um estudo conduzido com rigor, e que levou à produção de um conhecimento capaz de explicar algo. Além disso, a Guardachuvologia também era capaz de prever alguns acontecimentos. Nesse sentido, ela destacou que o conhecimento científico, além de explicar, deve também ser capaz de prever resultados. A partir dessa

ideia, a professora questionou a turma se o fato de uma única pessoa ter se dedicado a um estudo, o torna uma ciência. Então, os licenciandos destacaram a importância de, na ciência, um estudo ser validado pelos pares. Contudo, não obstante tais reflexões, eles não conseguiam chegar a um consenso sobre quais aspectos caracterizavam o conhecimento científico. Com vistas a auxiliá-los, a pesquisadora fez uma questão, à qual Diana respondeu de forma a sustentar o posicionamento explicitado por ela anteriormente.

PQ¹³: Deixa eu perguntar uma coisa. A Química é uma ciência? [Alguns dos licenciandos responderam afirmativamente]. A Guardachuvologia é uma ciência? [Alguns licenciandos responderam que não]. O que tem de diferente entre a Química e a Guardachuvologia?

Diana: *É justamente... para mim é a parte que eu estava falando... de ter outras pessoas que vão validar aquilo ali, que vão tratar aquilo ali... parece que a ciência, para mim, é como se fosse algo muito maior do que simplesmente um único estudo, um único método, um único conhecimento gerado.*

A partir do que foi explicitado por Diana, concluímos que a licencianda possuía certo entendimento de que, embora a Guardachuvologia fosse um estudo realizado utilizando-se metodologias intrínsecas à ciência, tais como a observação e a produção de resultados estatísticos, a mesma não poderia ser considerada uma ciência. Para Diana, um único estudo não constitui uma ciência e, além disso, é necessário ocorrer a validação dos pares. Contudo, ainda que Diana tivesse tal compreensão, ela não mencionou que outros aspectos importantes para que algo seja considerado uma ciência, ou quais aspectos diferem a Guardachuvologia de uma ciência como, por exemplo, a Química.

5.1.2 *Evento II. Aventurando pelos casos históricos*

Conforme mencionado anteriormente, na Atividade 6 (Anexo 6) os licenciandos fizeram a leitura de alguns casos históricos relacionados ao trabalho e ao contexto histórico de alguns cientistas e, a partir disto, elaboraram uma maneira criativa de apresentá-los para a turma. O grupo constituído por Diana, Davi e Maria optou pela apresentação de um teatro. O grupo encenou um programa do tipo *talk show*, no qual Diana foi a apresentadora e Davi e Maria representaram dois historiadores da ciência. Maria representou Hal Hellman, autor do livro ‘Grandes Debates: 10 maiores contendas de todos os tempos’, o qual continha um dos textos contemplados no kit Controvérsias. Este texto havia sido indicado pela professora como uma fonte de informação sobre as controvérsias históricas entre Newton e Leibniz, e entre Margareth Mead e Derek Freeman. Davi, por sua vez, representou o papel de Roberto Martins, autor do artigo ‘Como Becquerel não descobriu a Radiatividade’, o qual

¹³ Aqui e em outros momentos do texto, a sigla PQ foi utilizada como uma abreviação para a palavra ‘pesquisadora’.

também compunha o kit. O papel de Diana era fazer algumas perguntas aos dois convidados para saber mais informações sobre os casos históricos que estavam sendo apresentados. A licencianda iniciou o programa destacando que o mesmo visava discutir sobre a concepção que se tem da ciência como linear e consensual. Contudo, ao longo da apresentação, Diana entrevistou em poucos momentos, em função de seu papel ser o de apresentadora do programa. Por isso, durante a apresentação do teatro, não foram identificadas falas que demonstrassem, de forma precisa, reflexões da licencianda sobre NdC.

Ao final da apresentação, a pesquisadora apresentou algumas questões para o grupo, cujas respostas possibilitaram ter acesso a algumas ideias de Diana. Primeiramente, a pesquisadora perguntou por que a ideia de Becquerel (de que os fenômenos observados nos sais de Urânio se tratavam de hiperfosforescência), mesmo que equivocada, não foi questionada por muito tempo. Com tal pergunta, a pesquisadora desejava que os licenciandos refletissem sobre a importância da credibilidade do cientista para a aceitação de uma afirmação científica. No momento da discussão, Diana destacou que, muitas vezes, ideias simplistas acerca de aspectos históricos da ciência são aceitas irrefletidamente.

PQ: Então, realmente o que vocês falaram faz sentido. Tem uma influência das concepções prévias dos cientistas na forma como eles interpretam um fenômeno. O Davi tinha falado sobre essa questão de ter demorado um tempo para que outras pessoas se interessassem sobre este assunto. Um dos textos que tinha no kit de vocês falava sobre isso. Quem se interessou por esse assunto depois?

Davi: *Foi a Marie Curie...*

Diana: *Que eu lembro também é isso.*

PQ: E aí? Que análise vocês fazem disso?

Diana: *Você fala como? Da questão da interpretação?*

PQ: Da questão da credibilidade... porque até hoje o Becquerel leva o crédito pela radioatividade... inclusive, até hoje tem alguns professores de ciências que acreditam que o Becquerel foi o responsável... sendo que na verdade, ele simplesmente observou que acontecia o fenômeno, ele não propôs uma...

Davi: *... é igual eu falei: na época ele ainda acreditava que se tratava do fenômeno de Raio-X... ele acreditava que o que foi revelado nas chapas fotográficas era Raio-X. Às vezes são as pessoas que ensinam dessa forma. Mas as pessoas que pensam dessa forma tiveram uma visão da História da Ciência equivocada, e aí reproduzem isso.*

Maria: *Mas eu não acho que é só isso não... porque a gente tem que pensar também que, principalmente naquela época, era um mundo extremamente machista. Como é que eu vou colocar uma mulher para ser autora de uma ideia importantíssima, que deu um desdobramento incalculável... uma mulher? Eu acho que esses créditos foram dados para ele não foi só por uma questão de*

“equivoco”, mas acho que também tem essa questão de que as mulheres... muitas mulheres que contribuíram para a ciência não apareceram, ficaram no anonimato. Tanto que atualmente existem vários grupos, movimentos, tentando dar destaque para as mulheres na ciência, que não apareceram nos tempos que deveriam aparecer... Então não acho que seja só uma questão de equivoco não.

Diana: *Completando a fala da Maria, também acho que seja um pouco disso, e a questão também que eu vejo é que é muito fácil propagar uma ideia, sem parar e questionar, principalmente quando se fala da história de uma ciência. Porque ela é muito complexa. Então se eu for parar para explicar que Becquerel já tinha uma influência do pai, já tinha uma influência dos trabalhos daquela época, depois ele foi contestado anos depois por uma mulher, pode parecer muito complexo. Então se torna muito mais fácil, muito mais palatável, muito mais aceitável, eu simplesmente associar um nome a uma descoberta. Então acho que é a questão de comodidade, de não querer realmente ensinar e mostrar. Igual, eu não sabia que a radioatividade teve todo esse processo até ser descoberta realmente. E eu acho que a figura feminina realmente é muito excluída na área de História da Ciência.*

Em outro momento, a pesquisadora fez uma pergunta ao grupo relacionada à controvérsia entre Margareth Mead e Derek Freeman. Ela questionou o porquê de a eugenia ter sido uma teoria tão bem aceita no contexto em que surgiu. A pesquisadora desejava fomentar um debate acerca da não neutralidade da ciência, em termos da influência das concepções e teorias prévias dos cientistas na produção de conhecimento. Maria respondeu que, no contexto no qual a eugenia foi pensada, Mendel e os estudos relacionados à genética estavam em evidência. A partir disso, os cientistas começaram a questionar se não poderia haver impacto da genética sobre o comportamento humano. Assim, alguns grupos começaram a utilizar tais estudos para justificar estratégias de dominação, como foi o caso do Nazismo. Davi complementou a fala da colega, dizendo que muitas vezes esses estudos são utilizados como forma de justificar determinados comportamentos e preconceitos. Com vistas a nortear a discussão, a pesquisadora questionou como era possível relacionar tais aspectos ao fato de que as concepções prévias dos cientistas influenciam a ciência. Nesse momento, Diana destacou que as teorias prévias dos cientistas influenciam a produção da ciência na medida em que as mesmas norteiam a interpretação dos dados.

PQ: *Então, é nesse ponto que eu quero chegar. Existem realmente argumentos científicos que demonstram que determinados comportamentos têm uma origem genética? Eu falo pelo seguinte: essa questão da eugenia não acabou lá no século passado. Ela existe até hoje. Tanto que até mesmo dentro da universidade existem professores que acreditam que negros e mulheres têm habilidades cognitivas inferiores a homens brancos. Então, por que vocês acham que este tipo de conhecimento tem essa*

credibilidade? E que análise vocês fazem entre essa questão e a influência das concepções dos cientistas na produção de conhecimento?

Davi: *Muitas vezes o preconceito da pessoa fala mais alto. Se um fato genético pode ou não definir o comportamento, isso eu não sei te dizer, só um estudioso poderia garantir que sim ou não. Na verdade, nem eles podem garantir que sim ou não. Eu acredito que não. Eu acredito que este seja só um argumento para justificar todas as mazelas.*

Diana: *Eu acho que entra no que a gente mencionou também sobre interpretação de resultados. Porque se ele é um pesquisador, ele vai usar um determinado método para fazer essa análise. Ele não vai tirar essas conclusões do nada. E essas interpretações que ele está tirando, não pode ser como o que aconteceu com os cientistas do século XVII, XVIII, XIX, em que eles enxergavam algo, eles acreditavam naquilo, e interpretavam os resultados daquele jeito? Então o que eu posso pensar, com base no que a gente leu, seria isso de interpretação. Os cientistas hoje continuam enxergando, analisando, interpretando os resultados de acordo com aquilo que eles acreditam. Eu acho que hoje tem muito mais espaço para criticar um trabalho como esse. Hoje a gente tem muito mais condições de apresentar um contraponto, apresentar trabalhos que pelo menos vão fazer o público que está vendo um trabalho como esse questionar: 'será que isso é verdade ou não?'... Coisa que naquela época, igual aconteceu com a Margareth, ela não teve essa chance. Para ela foi muito mais difícil.*

Ainda relacionado à controvérsia entre Mead e Freeman, a pesquisadora questionou o porquê de o trabalho de Mead ter recebido críticas por não ter se baseado em dados biológicos e estatísticos. Com tal questionamento, ela desejava fomentar a reflexão de que, sob a ótica de uma ciência positivista, os métodos utilizados pelas ciências naturais possuem maior credibilidade do que os métodos utilizados pelas ciências humanas, visto que se baseiam em dados quantitativos ou experimentais.

PQ: Quando teve esse embate, da Margareth Mead com o Freeman, um dos argumentos que foram utilizados para desqualificar o trabalho da Mead é que ela não fazia uso de argumentos biológicos, estatísticos, para respaldar o trabalho dela. O que vocês pensam disso? Por que vocês acham que esse foi um ponto que foi utilizado para tentar desqualificar o trabalho dela?

Diana: *Eu acho que era como se fazia ciência naquela época. Eles achavam que tinha que ter um fato concreto, uma análise, observar... e ali dentro do texto, ela [se referindo à Margareth Mead] fala uma coisa que eu achei até muito interessante... o objeto de estudo dela é subjetivo, é alterado, é mutável, então ela foi o que trouxe... tanto que até eu mesma me questionava um pouco sobre 'como que eles vão fazer um estudo sobre comportamento?' Eles tinham essas duas linhas, ela queria provar. Mas eles queriam provar continuando pelo mesmo processo, pelo processo que era conhecido de observação de um experimento, de observação de alguma coisa. E ela veio*

justamente fazer esse contraponto. Falar 'tem como você observar o comportamento sem fazer esse tipo de análise'. E ela faz uma análise muito interessante. Acho que é por isso que ela foi tão questionada. Porque o jeito de ela avaliar, o jeito de ela analisar, não era o jeito que se fazia ciência naquela época.

Ao final deste encontro, a professora questionou o grupo sobre o que eles tinham aprendido a partir da realização do trabalho:

PF: Uma última pergunta para vocês: O que vocês aprenderam fazendo esse trabalho? Sobre isso tudo... o que vocês destacam? Eu imagino que foi um monte de coisas, mas o que vocês destacam?

Diana: *O que eu achei mais interessante foram as nossas discussões. Eu achei interessante a gente ver justamente a ideia de que as coisas não acontecem de forma linear, não acontecem de forma consensual. Que ideias, igual foi na radioatividade, que uma suposição, uma ideia que o Poincaré teve desencadeou todo um processo... outra ideia que eu achei também muito interessante foi essa análise, essa sensibilidade de reconhecer que as ciências humanas, apesar de serem diferentes, elas também são ciência, elas também têm um alcance. Então para mim, o que eu tirei do trabalho foi isso.*

Tal fala da licencianda indica que, além de reconhecer as especificidades das pesquisas nas diferentes áreas da ciência mencionadas, a não linearidade e não consensualidade que envolve a produção de conhecimento científico foram aspectos marcantes para ela naquele momento.

A partir do que foi explicitado por Diana, percebemos que algumas das discussões fomentadas pela atividade possibilitaram à licencianda refletir sobre alguns aspectos sobre NdC. Por exemplo, ela destacou o modo acrítico a partir do qual a HC é analisada, ao se associar uma “descoberta” a um único cientista. Além disso, a licencianda reconheceu que, para as diferentes áreas da ciência, existem metodologias que lhes são apropriadas. Nesse sentido, os métodos utilizados pelas ciências naturais não são adequados para as ciências humanas. Contudo, isso não significa que determinada metodologia mereça mais credibilidade por se basear em dados experimentais e matemáticos.

Diana também mencionou que a atividade a fez perceber que a ciência não é construída de forma linear e consensual. Entretanto, neste momento, a licencianda não explicitou de que modo, ou por que os casos históricos analisados a fizeram refletir sobre isso. Em um momento posterior, Diana explicitou, de maneira um pouco mais clara, o sentido que ela atribuiu aos termos ‘linear e consensual’ ao se referir à HC. Após a apresentação dos grupos referente à Atividade 6, a professora iniciou a discussão sobre a viabilidade de se implementar uma atividade similar à que foi realizada pelos licenciandos

no contexto da Educação Básica. Em um dado momento, Diana destacou que os aspectos históricos referentes à disciplina Química são muitos e, portanto, seria difícil elaborar uma disciplina (no contexto da Graduação) que contemplasse todos eles. Nesse sentido, ela salientou que as disciplinas História da Química, obrigatórias no curso de Licenciatura, não se baseavam somente em datas e dados biográficos dos cientistas. Mas, ainda assim, a HC era apresentada de forma linear e consensual. Nas palavras da licencianda:

Mas até que nessas questões de data, pelo menos nas disciplinas que eu fiz, o foco não era esse não... Focam muito mais na... Igual a gente estava estudando porque o oxigênio chama oxigênio... Tudo o que envolveu aquilo ali, então fica muito mais do que só isso. Mas ainda assim a história continua sendo linear, consensual, poucas vezes se pensa na divergência, de um pensador assim... até tenta, mas é muita coisa. A parte de radioatividade, eu não tinha nem ideia, a parte de antropologia a gente nem vai ver [se referindo aos temas contemplados nos textos do kit].

A partir das discussões que ocorreram neste evento, foi possível perceber que, embora Diana não ainda não fosse capaz de expressar reflexões claras e precisas sobre NdC, ela já era capaz de reconhecer aspectos tais como o fato de a ciência não ser construída de forma linear e consensual, de existirem metodologias adequadas para cada área da ciência e que as concepções dos cientistas podem influenciar o modo como eles interpretam dados.

5.1.3 Evento III: O caso Marie Curie

Conforme mencionado anteriormente, a Atividade 7 (Apêndice 1) consistiu na análise, por parte dos licenciandos, de um caso histórico sobre a cientista Marie Curie. Em um primeiro momento, trechos do filme “Madame Curie” foram projetados com o objetivo de fazer uma reconstrução do contexto histórico e científico em que a cientista viveu. Dessa forma, foi possível apresentar aos licenciandos como as ideias sobre radioatividade evoluíram ao longo do tempo. Desejávamos, com isto, que aqueles trechos fomentassem discussões sobre as práticas científicas e também sobre as dificuldades enfrentadas pela cientista no desenvolvimento do seu trabalho.

O primeiro trecho do filme apresentado mostra Marie Curie ao início de sua carreira, assistindo às aulas de um professor em um auditório da Universidade Sorbonne, o qual faz a seguinte colocação:

Aqui são centenas, centenas de estudantes, mas quando chega a hora de pensar, vocês também estarão sozinhos. Como o autor desta equação, como Newton, por exemplo, ou Galileu. Provavelmente não terão tão boa sorte para chegar tão alto, e alcançar uma estrela com seus dedos [...] mas pode compartilhar isso com eles... você pode aprender a estar só com a natureza, com um raio de luz, com um pedaço de terra, uma gota de

chuva... podem tornar-se conscientes de que a terra dá voltas ao redor do sol, a uma velocidade de 66.000 quilômetros por hora.

No momento destinado aos comentários deste trecho do filme por parte dos licenciandos, Diana destacou que a fala do professor transmitia a visão de que os cientistas trabalham sozinhos. Nas palavras da licencianda:

Diana: *O discurso dele também é interessante porque ele fala que todos eles vão ter que seguir um caminho sozinho na descoberta.*

Laura: *É, assim como os grandes cientistas... parece que eles fizeram tudo sozinhos.*

Diana: *É, tipo assim, 'vocês vão ser brilhantes, mas vão ter que trilhar um caminho sozinhos'. E não é bem assim.*

Em um momento posterior, os licenciandos discutiram sobre a comunicação na ciência. Tal discussão se iniciou a partir de um trecho do filme, no qual Becquerel chama Pierre e Marie para irem até o seu laboratório para observar o resultado inesperado de um experimento. O cientista havia verificado que chapas fotográficas poderiam ser reveladas pela pechblenda (mineral que contém sais de Urânio) mesmo na ausência de luz¹⁴. Bianca declarou que havia ficado intrigada pelo fato de Becquerel ter compartilhado o resultado de seus experimentos com os dois cientistas. A partir disso, a turma iniciou um debate sobre o modo como ocorria a comunicação entre os cientistas naquela época. Neste momento, Diana destacou novamente a fala do professor no início do filme e a concepção implícita na mesma de que os cientistas trabalham sozinhos.

PF: *Talvez isso venha muito mais dessa imagem que se criou do cientista gênio e que trabalha sozinho... porque na hora que a gente começa a ler mais as coisas... eles trabalhavam em grupos, podiam até ser grupos muito pequenos, muito locais só... não é igual hoje que você se comunica com o mundo, mas a gente vê, tem algumas evidências disso.*

Diana: *Faz parte do discurso daquele professor lá no início... que ele fala que a caminhada da "descoberta" é uma caminhada sozinha, é uma caminhada de solidão, é bem dessa ideia. Muitos filmes e várias outras formas de se contar a história vem nos mostrando isso que a Maria falou... não mostra que ele não pediu ajuda, mas também não mostra que ele pediu... ou seja, você cria a suposição que ele não precisou de ajuda, que ele fez tudo sozinho... não mostra essa relação. E o filme fez questão de mostrar.*

¹⁴ O fato de o mineral pechblenda ter revelado as chapas fotográficas foi algo inesperado para Becquerel pois, para ele, os minerais necessitavam absorver energia na forma de luz, para depois emitirem uma radiação capaz de revelar as chapas fotográficas. Posteriormente, o cientista denominou o fenômeno observado na pechblenda de 'hiperfosforescência'. Isso porque, para Becquerel, se tratava de um fenômeno similar à fosforescência, a qual foi por muito tempo objeto de estudo de suas pesquisas e das pesquisas de seu pai (Pugliese, 2007).

Os trechos do filme apresentados também fomentaram discussões sobre as desigualdades de gênero que estão presentes na ciência. Nesse sentido, um dos aspectos salientados por Diana foi a visão de que as mulheres não são capazes de obter êxito na ciência sozinhas.

PF: E aí tem um detalhe importante então... ela falou 'nós descobrimos um novo elemento'. Ela não falou 'eu'. Ela estava trabalhando sozinha, foi tudo ela que fez... ele [Pierre Curie] apareceu aqui...

Diana: *Ela pode estar reconhecendo a contribuição dele no trabalho, ou vai de novo naquela ideia de que uma mulher não conseguiria fazer isso tudo sozinha.*

Além disso, a licencianda também salientou a importância do casamento com Pierre, para que, aos poucos, Marie pudesse se inserir no meio acadêmico e para que seu trabalho fosse reconhecido pelos pares. Nas palavras da licencianda:

Inclusive a outra cena eu acho que mostra muito isso... porque ela precisa do apoio dele para o que eles vão enfrentar mais para a frente. Será que se ela não estivesse casada, com esse sobrenome, ela teria essa chance? Ela teria esse alcance? Até o pouco de contribuição que eles receberam... será que ela iria receber aquele pouquinho de contribuição?

Em outro trecho do filme, Marie e Pierre se reúnem com um grupo de professores da Sorbonne para discutir sobre a possibilidade de lhes ser concedido um laboratório para que pudessem dar prosseguimento às suas pesquisas. Nesta cena, os professores se mostram resistentes em conceder o laboratório aos dois cientistas, argumentando que não existiam provas convincentes da existência do novo elemento. Além disso, o financiamento seria alto demais para ser investido em uma pesquisa que ainda não dispunha de dados consistentes. Outro argumento utilizado pelos professores foi o de que Marie era "jovem, inexperiente e mulher". Em uma tentativa de contra argumentar, Pierre tenta enaltecer a competência de Marie como cientista e afirma ter deixado de lado sua própria pesquisa para colaborar com a pesquisa da esposa. Por fim, os professores decidem conceder ao casal um galpão antigo abandonado da universidade.

Ao comentar sobre esta cena, Diana destacou novamente a importância do casamento com Pierre para que Marie pudesse conquistar seu espaço na academia, assim como da consciência da cientista sobre o lugar que ocupava naquele espaço. Nas palavras da licencianda:

Foi nítido aquilo que eu falei na cena anterior... ela mal abre a boca, é ele que defende o tempo inteiro... quando ele [o professor da universidade] classifica ela como mulher, o marido fica revoltado, fala como se fosse uma palavra ofensiva para a época. E ela entende o papel dela, tanto que quando ele começa a se exceder, ela dá uma cutucada (sic) nele, como se falasse 'opa, não se exceda não, a gente precisa deles!'. Então mostra muito mais

um lado de sabedoria... de saber com o que ela está lidando, e ela se “apoia” totalmente no marido nessa cena.

Em um momento posterior da discussão, foi destacado que muitas vezes foi atribuído a Marie Curie o papel de ajudante de Pierre, desconsiderando-se o fato de que foi a cientista quem efetivamente conduziu as pesquisas. Nesse contexto, Diana expressou outras ideias:

PF: As expressões dele [se referindo à Pierre] são muito fortes, porque ele fala ‘não, mas eu larguei tudo por causa disso’... ele acha assim ‘nossa, dei uma dentro!’... Era um argumento muito forte para tentar convencê-los.

PQ: Inclusive, esse é outro ponto que não se discute sobre a história da Marie Curie. Ela não era ajudante do Pierre... ela teve a ideia e ele largou a pesquisa dele para ajudá-la, foi isso que aconteceu... ela não era ajudante dele. Tem até uma unidade chamada Curie, utilizada para expressar o número de desintegrações nucleares que ocorrem por unidade de tempo numa substância radioativa... e tem muitos professores que acreditam que é por causa do Pierre... então ela é vista sempre como a ajudante, sendo que na verdade foi o contrário.

Diana: *Mas eu acho que se ela tivesse... foi necessário... eu acho que foi um mal necessário para a época. Hoje seria possível ensinar de outro jeito, não é necessário se ensinar assim... a visão dela como coadjuvante da história, e sim como personagem principal. Mas, na época, eu creio que foi necessário para que ela ganhasse esse espaço, para que ela ganhasse essa condição de continuar fazendo o trabalho dela. Só justificar também uma questão visual... se a gente for reparar, o busto do meio é gigante, e tem uma mesa que é desnivelada com as outras duas que tem mais dois bustos. Tudo homem!*

PF: Hierarquia!

Diana: *Exatamente! E eles que estão pedindo ajuda, vê o nível das cabeças deles para as dos demais... então assim, é sempre essa visão: nós somos atrás dos dois cientistas, que são inteligentes, que estão atrás de uma bancada, que é mais inteligente ainda... que ainda atrás deles tem os gênios que são os bustos! Então tipo assim, tem toda uma visão de... você, telespectador, é inferior a eles, que são inferiores àqueles, que são mais inferiores àqueles outros.*

Ainda sobre a mesma cena, iniciou-se uma discussão sobre as condições necessárias ao financiamento de pesquisas científicas. Nesse sentido, um dos aspectos mencionados foi a importância das evidências experimentais que dão suporte à pesquisa para o convencimento dos pares. Além disso, foi destacada a importância do financiamento para que determinadas pesquisas sejam executadas. Em relação a este aspecto, Diana também expressou algumas ideias sobre os diferentes interesses dos sujeitos envolvidos na cena:

- PF: Mas, tem um outro aspecto... eles tiveram que pedir ajuda. Depois de meses trabalhando! Com exceção de um mês que ela parou quando a filha nasceu, mas eles ficaram meses trabalhando, depois é que aconteceu isso aí.
- Diana: *Mas parece que eles estavam pedindo era financiamento para dar continuidade à pesquisa.*
- PF: Eles estavam pedindo um laboratório, equipamentos, eles estavam pedindo ajuda para continuar, eles devem ter chegado a um ponto que... 'olha, a partir daqui a gente não consegue fazer mais nada!'... já deviam talvez até ter 'bolado' alguma coisa, porque se eles pediram, devem ter feito um plano... 'olha, a gente precisa disso para continuar'.
- PQ: Uma coisa interessantíssima na fala de um dos professores que estavam na comissão, é tipo assim: 'você está falando aí desse novo elemento, mas até agora você não mostrou que esse elemento existe'.
- PF: Eles não foram convencidos de que existia.
- Diana: *Eu acho que talvez, pelo menos eu tive a impressão... não só de ele não estar convencido, mas, em que isso vai beneficiar a universidade? Porque a fala dele dá aquele tom meio... o sarcasmo dele dá aquele tom assim: 'como nós vamos ser beneficiados com essa descoberta?'... sendo que em nove meses você não nos deu... você só nos deu resultados experimentais. Aí que ela [Marie Curie] fala que ficou incessantemente pesquisando, e que ela fez a pausa só com o nascimento da filha, com a morte da sogra... então assim, você vê que o interesse final deles é o ganho da universidade.*

No encontro posterior, os licenciandos discutiram sobre o texto "Um Sobrevoos no "Caso Marie Curie": Um experimento de antropologia, gênero e ciência", de Pugliese (2007). Contudo, Diana não esteve presente no mesmo, o que impossibilitou a identificação de informações relevantes sobre a licencianda no que diz respeito às discussões que ocorreram naquela ocasião.

Após a discussão do texto, os licenciandos responderam ao Questionário II (Apêndice 2). Conforme mencionado anteriormente, desejávamos averiguar quais eram suas concepções sobre NdC naquele momento da disciplina e, também, identificar se haviam ocorrido quaisquer mudanças (e neste caso, quais) em suas concepções sobre NdC expressas no início da disciplina. Pensando nisso, a primeira questão, repetida do Questionário I, solicitava que fosse discutido sobre como se explicaria para um amigo 'o que é ciência'. Ao analisarmos a resposta de Diana a esta pergunta, percebemos que a mesma foi diferente de sua resposta ao Questionário I. Ela respondeu:

Eu diria que ciência é um estudo que por meio de métodos específicos visa promover cultura. Não existe uma escala de importância entre ela e os demais conhecimentos produzidos, mas há diferenças significativas no modo de se realizar a ciência. Ela pode ser questionável, criticada, sofrer influência histórica e socioeconômica; isso porque é uma

produção humana, portanto sujeita a ela. Mas graças ao alcance de suas produções, são capazes de grandes mudanças.

Assim, a licencianda não mais associava ciência ao estudo de fenômenos naturais, por meio de um método algorítmico e infalível. Nesse sentido, ela reconheceu a ciência como apenas uma entre outras formas de se produzir conhecimento, ainda que possua um modo de produção que lhe é intrínseco. Além disso, Diana se referiu à ciência como uma atividade humana e, portanto, passível de ser questionada, criticada e influenciada por fatores sociais e econômicos. Tal mudança em sua visão sobre a ciência foi destacada pela própria licencianda ao responder ao item b da primeira questão:

Entender e refletir sobre os protagonistas da história da ciência, me mostrou que ela é mais tangível e humana. Mais realista e menos linear como concebia em minha mente.

Ao responder a segunda questão, a licencianda elencou alguns aspectos relacionados a práticas científicas sobre os quais ela reconheceu que não havia refletido antes das discussões que ocorreram na disciplina, tais como: a influência da subjetividade do cientista na interpretação dos dados; a não linearidade da produção do conhecimento científico; e o papel das críticas e das publicações na ciência. Nas palavras de Diana:

Divergência de teorias: ficou muito claro, após vários debates, que cada cientista pode dar significados ou explicações diferentes observando os mesmos experimentos ou resultados. E além da subjetividade dessas interpretações, o contexto em que essas análises foram elaboradas tem relevância.

Linearidade: as descobertas e teorias nem sempre são resultados de contribuições lineares, às vezes são formadas “caixas-pretas” e só após um período que esse conhecimento volta a ser discutido.

Críticas e publicações: ambas dificuldades que o cientista enfrenta de diversas formas. Dependendo pode destacar o trabalho e a autoria ou ofuscá-lo.

A terceira questão do Questionário II solicitava que fossem citados os aspectos de NdC sobre os quais foi possível refletir a partir do caso histórico de Marie Curie. De acordo com a licencianda:

Relevância feminina na ciência: apesar de associar o nome à descoberta da radioatividade, não entendia o tamanho do feito, analisando o contexto desfavorável em que ocorreu. Diversas contribuições femininas foram feitas, mas nunca lhes foram creditadas. Marie rompe com esse limite.

Dificuldade em realizar os experimentos: as práticas e equipamentos eram elaborados especificamente para facilitar o trabalho do cientista, mas isso nem sempre acontecia. A construção de equipamentos e práticas extensas e até mesmo perigosas limitava o

trabalho, que ficava sujeito à persistência pessoal do cientista, como de financiamento para dar continuidade ao trabalho.

O peso do nome do autor da descoberta: fica claro que Becquerel teoriza uma explicação que poderia ser questionada, mas a influência de seu nome e histórico familiar lhe creditavam tamanha credibilidade na academia que ele influenciou outros autores a enxergar o fenômeno da radioatividade da mesma forma.

A partir do que foi explicitado por Diana no Questionário II, identificamos que a licencianda passou a considerar aspectos sobre NdC ao se referir às práticas científicas, tais como: a influência da subjetividade na ciência; o papel da credibilidade do cientista; o papel das críticas e das publicações; as relações de gênero que existem na ciência; o modo como as metodologias utilizadas pelos cientistas mudam ao longo do tempo; e, ainda, como estas metodologias influenciam a produção do conhecimento.

5.1.4 Evento IV: Elaborando uma aula simulada

Conforme mencionado anteriormente, na última atividade da disciplina IHQE, os licenciandos foram solicitados a elaborar uma aula simulada (Atividade 12, Apêndice 4). Esta poderia estar relacionada a qualquer conteúdo químico ou de outra ciência, e poderia contemplar quaisquer discussões sobre HC e NdC. Para a elaboração desta atividade, a turma foi dividida em dois grupos. Diana participou da elaboração desta atividade juntamente com Carol, Clarice e Davi.

No primeiro encontro destinado à realização da atividade, Diana iniciou a discussão sugerindo alguns temas para nortear a aula simulada. Um dos temas sugeridos por ela foi a história relacionada à elaboração das pilhas eletroquímicas. Diana explicou aos colegas sobre a história do cientista Luigi Galvani, suas ideias relacionadas à teoria da Força Vital e como esta teoria foi colocada em xeque pelo cientista Alessandro Volta. Neste momento, Clarice questionou a colega se Volta havia “roubado” a ideia de Galvani. Diana respondeu explicando que os dois cientistas haviam dado diferentes interpretações para o mesmo fenômeno.

Clarice: *Mas espera aí... o Volta roubou a ideia dele ou não? Deu continuidade ao trabalho...*

Diana: *Não... se ensina nos livros assim, que um explicou... tipo assim, entendeu errado o fenômeno e o outro consertou. Mas na verdade não foi isso. Todos os dois eram cientistas, os dois de universidade. Um trabalhava com uma coisa completamente diferente da outra. Um era físico e o outro era biólogo. O que ele fez foi tentar descrever o fenômeno... igual a gente viu na radioatividade... que tinha um que explicou de um jeito, aí mais para frente foi outro pesquisando, foi a mesma coisa... só que a diferença entre os*

trabalhos não dá nem dez anos... assim, foi uma contribuição muito próxima uma da outra.

Em outro momento, o grupo debateu sobre qual seria a estrutura da aula. Neste momento, Diana sugeriu que fosse discutido sobre o trabalho colaborativo na ciência, e sobre o fato de que algumas ideias que são aceitas atualmente na ciência foram elaboradas ao longo de um processo. A partir disso, a licencianda também sugeriu que a turma fosse dividida em dois grupos, e que cada grupo recebesse um texto que discutisse sobre como cada um dos cientistas (Galvani e Volta) interpretou o experimento sobre contração das patas de uma rã quando o nervo desta é tocado por um metal.

Eu pensei que se a gente for trabalhar essa da pilha, é bem interessante a ideia de você trabalhar que a ciência é uma contribuição com a outra. Trabalhar esse aspecto... e que nem sempre que você tem uma explicação consolidada, foi assim que teve na história... foi um processo. E aí eu pensei de a gente fazer esse trabalho, de tentar entender o conceito de um, com alguma atividade, e depois o outro¹⁵. E isso pode ser feito... se fosse numa sala de verdade, você poderia formar dois grupos, dar dois textos, que explicassem as duas teorias, e cada um apresentaria.

Em outro momento da discussão, Diana mencionou como um aspecto histórico da controvérsia entre Galvani e Volta possibilitaria uma discussão sobre NdC. Ela explicou aos colegas que Volta já estudava sobre as contrações musculares em rãs causadas pela eletricidade. Contudo, foi a partir do momento em que o cientista identificou algumas inconsistências na teoria de Galvani que ele passou a pensar em outra maneira de interpretar o fenômeno. Diana então sugeriu que tal aspecto histórico fosse destacado de modo que, a partir disso, fosse salientado que a ciência não é linear e que nem sempre ideias que estão consolidadas na ciência atualmente foram aceitas. Nas palavras da licencianda:

Porque vocês viram que o Volta trabalhava justamente com eletricidade sobre os músculos. Ele já trabalhava com isso. Tanto é que... aí depois que aconteceu aquela situação, que ele tentou entender o porquê. Eu queria que a gente não perdesse isso. Seria interessante trabalhar o aspecto de não ser linear, de que nem sempre o cientista vai ter a ideia que é a consolidada hoje... e aí a gente vai trabalhar com aspectos bem educacionais mesmo, fora o conteúdo, entendeu? Porque aquela atividade que a gente fez [Atividade 11, Anexo 8], era ensinar através da história, mas o conteúdo... o foco era o conteúdo. Eu queria que a gente trabalhasse os aspectos históricos mesmo.

Ainda sobre a estrutura da aula, Diana também sugeriu aos colegas que fosse colocada uma situação problema para a qual os estudantes teriam que propor uma solução,

¹⁵ Aqui, a licencianda estava se referindo às teorias propostas pelos cientistas Galvani e Volta.

favorecendo, assim, que os estudantes se deparassem com a mesma situação com a qual os cientistas do passado se depararam.

Diana: *E aí a gente explicaria essa relação de eletricidade, explicaria o que aconteceu... que é normalmente como a aula é dada. Depois a gente colocaria a situação problema que é essa da eletricidade com os músculos. E iria falar com eles 'o que vocês acham que aconteceu? Com base no que a gente estudou'...*

Clarice: *O que vocês já sabem sobre reações de oxirredução...*

Diana: *Isso... 'Qual ideia que vocês iriam propor para o que está acontecendo?' Tentar fazer o mesmo caminho do cientista... vocês acham que daria certo?*

Visando reconstruir a mesma situação com a qual Galvani e Volta se depararam, Diana sugeriu que fosse apresentado o experimento de contração das patas da rã por um metal para que, a partir disso, os estudantes fossem solicitados a propor explicações. Para auxiliá-los, ela sugeriu que fosse lembrado sobre as reações de óxido-redução que, na situação simulada, teriam sido discutidas em aulas anteriores. Ainda em relação à ideia de reproduzir a situação problema vivenciada por Galvani e Volta, Diana sugeriu uma estratégia que poderia contribuir para que dois pontos de vista fossem discutidos na aula:

Olha, a gente pode colocar um texto pequeno e algumas perguntas que vão conduzir o raciocínio das pessoas exatamente como o cientista raciocinou¹⁶, entendeu? Uma com uma abordagem mais biológica e outra com uma abordagem mais física... e aí eles vão explicar por teorias diferentes...

Em determinado momento, a professora questionou o grupo porque eles haviam decidido abordar o tema eletroquímica. Diana explicou que ela havia pesquisado sobre alguns temas sobre os quais seria possível encontrar informações históricas com facilidade. Além disso, a licencianda explicou que, de todos os temas trazidos por ela, a controvérsia histórica entre os cientistas Galvani e Volta foi o que mais interessou a todos do grupo. A discussão prosseguiu:

PF: *E o que vocês estão pensando em discutir?*

Clarice: *Porque o seguinte...*

PF: *Não como, só os aspectos.*

Clarice: *O aspecto do... da questão assim... Só mostra o trabalho do Volta, não mostra o trabalho anterior... como se o Volta tivesse tido a ideia da pilha... e que "ele é o cara (sic)" ... tanto que a unidade de eletricidade é em homenagem ao*

¹⁶ Neste trecho, a licencianda se referiu às duas possíveis maneiras de interpretar o fenômeno em questão (uma sob a perspectiva biológica e outra sob a perspectiva física) e como isto poderia ser um elemento para nortear a dinâmica da aula. Contudo, reconhecemos que não é possível ter certeza sobre o que os cientistas pensaram e como raciocinaram.

nome dele. E a gente quer pôr para atrás disso... em cima de qual trabalho que ele [se referindo a Volta] se baseou para chegar no dele?

Diana: *Mostrar que existe contribuição na ciência. Outro aspecto também que eu pensei foi a questão do Napoleão, porque os dois moravam na Itália..., porém um, pelas questões políticas, teve que deixar o trabalho... e a gente vê que ele estava chegando numa mesma... numa mesma não, mas muito próximo do que foi produzido pelo Volta. E aí depois Volta que foi justamente renomado, premiado, porque ele apoiava o governo da Itália. Então você vê essa questão social bem forte, que eu acho interessante passar isso para os alunos.*

Decorrido algum tempo que o grupo estava trabalhando na elaboração da aula, a professora questionou se já havia sido discutido sobre como seria o fechamento da aula. Clarice e Diana responderam:

PF: E vocês precisam pensar como irão fechar essa aula.

Clarice: *Falar que os dois contribuíram para chegar onde chegou... que a pilha que a gente conhece foi trabalho do Volta, mas o Volta mesmo começou o trabalho dele baseado no trabalho do Galvani... então não tem nem um, nem outro certo, foram pontos de vista diferentes.*

Diana: *Inclusive eu estava olhando em um livro didático e eles colocam que Galvani pensou errado... teve um outro texto também que eu vi que falava assim 'erroneamente'... então sempre colocam um lado certo e um lado errado.*

Após o grupo ter chegado a um consenso em relação à estrutura da aula simulada, os licenciandos sistematizaram, de forma mais precisa, quais seriam os objetivos da mesma:

Aí o que eu pensei... eu pensei nessa parte, de contribuir na motivação dos alunos, para desmistificar a visão do cientista como uma pessoa antissocial... porque quando os alunos começarem a propor explicações para o fenômeno, eles vão estar criando ciência... eles vão estar pensando, a gente vai estar direcionando eles para isso... pensei também nessa parte... contribuir para os alunos terem a noção que o conhecimento científico não é um processo linear, nem acumulativo... que vai se dar justamente quando a gente fizer as discussões de um pro outro.

Neste momento, Diana enfatizou que a estrutura da aula proposta por eles possibilitaria a discussão de aspectos como o fato de o cientista não trabalhar sozinho e, ainda, que o processo de produção da ciência não é linear e acumulativo, o que aconteceria a partir das discussões acerca das teorias de Galvani e Volta. Além disso, Diana enfatizou que o objetivo de se inserir aspectos históricos na aula era, também, auxiliar os estudantes na compreensão do conteúdo químico que seria abordado. Em suas palavras:

Eu pensei, tipo assim... acredito que a forma que a gente está fazendo, a ideia seja favorecer esses aspectos não só no ensino do aluno, mas também fazer com que ele compreenda melhor a própria matéria, não é?

Durante a sistematização dos objetivos da aula, Davi mencionou que seria importante destacar que promover discussões em grupo faria com que os estudantes se sentissem mais confortáveis para debater sobre a controvérsia envolvendo a interpretação do fenômeno em questão. Além disso, o licenciando destacou que este debate contribuiria para o desenvolvimento das habilidades de argumentação dos estudantes. Ao complementar a fala do colega, Diana salientou a importância do trabalho colaborativo na ciência. Nas palavras da licencianda:

Outro ponto também do trabalho em grupo é a questão de conseguir construir a ideia em conjunto... Querendo ou não, isso já é uma característica da ciência... Igual a gente estava discutindo que a ciência não se faz sozinha, que tem que ter uma certa aceitação... Quando eles começam a trabalhar essa parte de elaborar uma justificativa para o fenômeno em conjunto, eles já começam a querer a aceitação do grupo.

Assim, na percepção da licencianda, o trabalho em grupo poderia fomentar a reflexão de que o convencimento e aceitação dos pares é uma etapa importante da produção do conhecimento científico. Além de destacar aspectos de NdC que poderiam ser discutidos a partir da própria dinâmica da aula, Diana também salientou aspectos que poderiam ser debatidos a partir da controvérsia histórica em questão:

Diana: *Eu vou falar com vocês primeiro a ideia, e depois a gente tenta formular o texto... a ideia do professor depois que foi feito essa parte do debate, é tentar fazer um link com a matéria anterior... qual que era a matéria anterior que a gente tinha visto?*

Davi: *Oxidação, oxirredução.*

Diana: *...fazer um link com a matéria, não necessariamente nessa ordem. Fazer um link com a matéria anterior, trabalhar aspectos sociopolíticos, e aí a gente vai trabalhar essa ideia de que depois que a gente conseguir concluir que um trabalhou em cima do... fez o seu trabalho em cima do trabalho do outro, lançar essa questão sociopolítica... que a Itália tinha o domínio de Napoleão e que um dos cientistas foi demitido e não teve condições de trabalhar, então isso vai estar na fala do professor... E o outro não, o outro foi totalmente apoiado pelo governo... E aí perguntar se eles acham que isso é um ponto importante de se considerar na hora de fazer ciência.*

Davi: *A discussão entre os grupos tem o objetivo final de que os alunos decidam por uma teoria mais adequada.*

Diana: *Acho que não é nem esse o objetivo não... acho que quando começar a falar, datar e colocar a ordem que foi acontecendo, eu acho que o objetivo mesmo é*

eles conseguirem entender que a construção da ciência é feita de certas controvérsias mesmo.

Ainda sobre a dinâmica da aula, Diana salientou em sua fala aspectos relacionados à escolha do tema e à possível contribuição da aula para diferentes aprendizagens dos alunos:

A escolha da matéria partiu daí... a gente ter fatos históricos interessantes que ajudam não só na compreensão do conteúdo, mas também ampliam um pouco mais a ideia de simplesmente um conteúdo que você tem que passar... o fato de ser uma matéria que não é normalmente trabalhada com aspectos históricos... por exemplo, modelo atômico sempre é trabalhado com fato histórico e pilha não... e essa forma como a gente vai abordar, eu acho que ajuda você não só a construir... melhorar o entendimento e a receptividade do aluno em relação à matéria, mas também você consegue trabalhar outros conceitos que vão favorece-lo em outras matérias que ele vai estudar.

Neste evento, podemos identificar momentos em que Diana conseguiu identificar aspectos de NdC que poderiam ser discutidos a partir da controvérsia histórica entre Galvani e Volta. Ela deixou claro que desejava que os aspectos históricos fossem discutidos e, sobretudo, aspectos de NdC que poderiam ser enfatizados a partir destes como, por exemplo, o trabalho colaborativo na ciência, a influência de aspectos sociais e políticos na ciência, e a possibilidade de interpretações diferentes para um mesmo fenômeno. Além disso, Diana utilizou tais aspectos para pensar na estrutura da aula simulada quando, por exemplo, sugeriu a reprodução da mesma situação problema com a qual os cientistas do passado precisaram lidar. A licencianda também utilizou elementos da própria dinâmica da aula, como o trabalho em grupo, como uma possibilidade de suscitar a reflexão sobre o trabalho colaborativo na ciência.

No encontro destinado à apresentação da aula simulada, Davi e Carol foram os responsáveis pela condução da mesma, enquanto Clarice e Diana optaram por simular o papel de estudantes da Educação Básica. Por este motivo, Diana entrevistou em poucos momentos durante a aula.

Ao início da aula, Carol pediu à turma que se dividisse em dois grupos para a realização de uma atividade. Para tal, Diana se juntou à Flávia e Laura, e Clarice se juntou a Maria e Bianca. Em seguida, Davi explicou que, após terem estudado sobre as reações de oxirredução e sobre o balanceamento de equações, o próximo tema a ser estudado seria pilhas eletroquímicas. O licenciando explicou também que seria apresentado um vídeo relacionado a um experimento feito por cientistas do passado (sem explicitar quais), o qual havia sido muito importante para a construção dos conhecimentos relacionados ao tema que seria abordado naquela aula.

O vídeo apresentado consistia na reprodução do experimento realizado por Galvani. Neste, utiliza-se um pedaço de metal para tocar o nervo da pata de uma rã, o que ocasiona a contração do músculo da mesma. A partir disso, Davi questionou aos colegas sobre o que estaria causando a contração na pata da rã, visto que ela já estava morta. Para auxiliá-los em sua resposta, o licenciando explicou que cada grupo receberia um texto sobre uma possível explicação para o experimento que eles estavam analisando. Ele pediu aos dois grupos que lessem os textos e que explicassem o fenômeno observado à luz das ideias que estavam sendo apresentadas nos mesmos. Os dois textos direcionados aos grupos não mencionavam quem eram os dois cientistas responsáveis por aquelas explicações, e nem as datas em que elas foram elaboradas.

Em seguida, Davi pediu que um integrante de cada grupo apresentasse para a turma a explicação para o fenômeno observado, de acordo com as ideias contempladas nos textos. Ainda que o licenciando tivesse levantado alguns questionamentos visando fomentar um debate de ideias entre os dois grupos, não houve uma discussão significativa entre os mesmos. Desse modo, apenas foram explicitadas quais seriam as duas maneiras possíveis de interpretar o experimento observado.

Carol retomou a discussão, explicando aos estudantes que desde a Grécia antiga já se sabia que o atrito entre materiais era capaz de produzir eletricidade. A partir disso, a licencianda conduziu a aula de maneira expositiva, de modo a apresentar como as ideias sobre a geração de eletricidade se desenvolveram ao longo do tempo, até que fossem propostas as teorias sobre a Energia Vital. Nesse sentido, Carol explicou sobre a controvérsia que ocorreu entre Galvani e Volta quando os dois cientistas propuseram interpretações diferentes para o mesmo fenômeno. Neste momento, a licencianda destacou alguns dos aspectos sobre NdC que foram enfatizados por Diana quando da elaboração da aula simulada tais como: o trabalho colaborativo na ciência, a influência da subjetividade do cientista na interpretação de fenômenos e a influência de aspectos sociais e políticos na ciência.

Após a finalização da aula, a professora e a pesquisadora fizeram algumas perguntas ao grupo. Neste momento, foi possível identificar novamente algumas das concepções sobre NdC que haviam sido explicitadas por Diana no momento da elaboração da aula, especialmente aquelas relacionadas à influência da subjetividade do cientista na elaboração de teorias:

PQ: Então na verdade foi essa ideia do Galvani de querer dar vida ao animal que motivou as pesquisas dele em primeiro lugar, ou seja, ele não queria produzir energia elétrica. O que eu fiquei pensando foi o seguinte... porque me pareceu muito convincente o experimento que o Volta fez sobre as

pilhas, de você conseguir produzir eletricidade sem a presença de um animal... só que ainda assim, não só Galvani, mas outros cientistas continuaram com essa outra ideia... de que, na verdade, a energia vinha do animal... por que será?

Carol: *Para onde eles estavam olhando, sabe... o Volta ele era físico, ele tinha uma visão diferente do Galvani que era médico... eles estavam realmente... sempre teve aquela fissuração (sic) sobre 'de onde vem a vida humana', sabe? De onde vem a nossa energia? ... então eles estavam convictos de que existia uma energia dentro da gente... só que eles achavam que era uma energia elétrica, algo detectável, algo fácil, coisa que não é, são reações químicas... já o Volta não... o Volta... motivado talvez pelas pesquisas físicas, em relação ao atrito e tudo mais, talvez a mentalidade dele já estivesse mais voltada para o exterior, e não só para o animal.*

Clarice: *E tem aquela questão também, o Volta não tinha convencido as pessoas do que ele estava fazendo, então teve gente que ainda continuou pesquisando.*

Carol: *Até ele fazer a pilha... quando ele fez a pilha ele se convenceu.*

PF: Se convenceu de quê?

Carol: *Que a energia poderia ter outra origem sem ser a animal.*

Diana: *O que eu achei interessante é que você pode dar significados diferentes ao mesmo fenômeno. E acho que é nessa tecla que a gente queria bater. Que o fenômeno por si, a evidência por si, ela não explica, mas o olhar que o Galvani deu, deu uma explicação... o olhar que o Volta deu para aquele mesmo fenômeno gerou uma outra explicação. Então a ciência ela é produzida assim, ela é produzida... ela não é tão imparcial, não é algo tão mirabolante. Depende muito do observador e da linha a qual ele está seguindo.*

Em outro momento, Diana explicitou novamente que as discussões que ocorreram na aula visavam apresentar para os estudantes a mesma situação problema com a qual os cientistas do passado tiveram que lidar. Nesse sentido, a licencianda destacou este tipo de abordagem possibilita ao estudante compreender o conteúdo e, ainda, ser um sujeito ativo na construção deste conhecimento.

PF: Hoje, a gente consegue interpretar exatamente o que acontece em cada situação.

Clarice: *Mas hoje a gente tem o conhecimento do que é ácido, do que são os metais... e eles não tinham isso antes. Então são várias ideias até chegar no final.*

PF: É completamente diferente de quando você já tem uma teoria, já tem um modelo e você vai aplicar... então, nesse caso aqui, o que aconteceu? Por que dava na rã e não dava para os outros? Você tinha um ácido ali... você tinha um líquido e você tinha um ácido, que era essencial para fechar o circuito... eles não sabiam disso. Como os alunos agora não sabem.

Diana: *O que eu achei legal foi justamente isso. É que você coloca seus alunos no mesmo patamar que os cientistas estavam naquela época, de descobrir... que*

é o professor ir desenvolvendo com os alunos os porquês e ir respondendo através das reações. Então você dá um significado muito maior ao conteúdo de Eletroquímica. Ele não está aprendendo Eletroquímica porque cai no vestibular, mas porque faz sentido, porque explica alguns fenômenos. Então, do mesmo jeito que eles estavam sem conseguir responder essas perguntas ali naquele momento, nessa primeira aula, à medida que o professor for dando a aula e for retomando o fenômeno, e for retomando essa aula... além de criar uma clareza... no final, acredito que sendo bem-sucedido, o aluno vai conseguir entender a Eletroquímica... ele não vai estar simplesmente recebendo informação, ele vai ser ativo nessa construção.

Outro aspecto novamente enfatizado por Diana foi a concepção de que um dos cientistas estava errado, como geralmente enfatizado em livros-texto, o que poderia abrir espaço para a discussão sobre o trabalho colaborativo na ciência. O desejo de discutir tal aspecto motivou algumas decisões do grupo. Nas palavras da licencianda:

Outro ponto também que a gente queria trabalhar, é porque nos livros didáticos sempre aparece como se Galvani estivesse sempre errado... então a ideia de a gente não dar nem datas e nem nomes, era justamente essa ideia de que a contribuição não necessariamente tem que ter um certo e um errado... é a ideia literalmente de contribuição, mas minando essa ideia de que um cientista estava certo e que outro cientista estava completamente errado. De que existia... de que houve pontos positivos e pontos negativos na contribuição dos dois.

Além dos aspectos sobre NdC mencionados por Diana durante a elaboração da aula simulada, após a realização da mesma, a licencianda destacou que os aspectos sociais e políticos que envolviam a controvérsia entre Galvani e Volta demonstravam que os mesmos determinam quais afirmações científicas serão aceitas na ciência:

A questão sociopolítica também influenciou... porque essa questão da ascensão do Volta e da decadência do Galvani influenciou diretamente em qual das duas teorias começou a ter mais crédito na academia.

As reflexões explicitadas por Diana neste evento demonstram que, não obstante a preocupação da licencianda em discutir aspectos sobre NdC a partir da própria estrutura da aula, ela também visualizou aspectos que poderiam ser discutidos a partir da controvérsia histórica abordada. Nesse sentido, a licencianda salientou novamente aspectos como a subjetividade que existe na ciência, em termos das diferentes interpretações que podem ser atribuídas a um mesmo fenômeno; a importância do trabalho colaborativo na ciência; e a influência de aspectos sociais e políticos na ciência.

5.1.5 Evento V: Entrevista

As questões contempladas na entrevista semiestruturada (Apêndice 5) tinham por objetivos averiguar quais aspectos sobre NdC os licenciandos puderam refletir (e como) a

partir das discussões que ocorreram na disciplina; e compreender se, e como, tais aspectos os auxiliavam a se posicionar sobre questões atuais relacionadas à ciência.

Com tais objetivos em mente, a pesquisadora questionou Diana sobre quais discussões sobre a ciência haviam sido marcantes para ela quando da realização da Atividade 6, relacionada aos kits de casos históricos. A licencianda declarou que a atividade lhe possibilitou refletir que as metodologias utilizadas pelas ciências naturais nem sempre são adequadas para os estudos relacionados às ciências humanas.

- PQ: Sobre o trabalho dos kits... quando vocês fizeram esse trabalho vocês pegaram o kit das controvérsias não foi?
- Diana: *Isso... Tinha dois artigos sobre Becquerel e a radioatividade... Um com foco em Becquerel e outros cientistas que eu esqueci os nomes...*
- PQ: Tinha o da Mead... Margareth Mead...
- Diana: *Isso...*
- PQ: E do Newton...
- Diana: *Do Newton, e os outros dois artigos que falavam sobre radioatividade, sendo que um tinha um foco maior em Marie Curie...*
- PQ: Nesse trabalho dos kits, que discussões sobre a ciência foram marcantes para você?
- Diana: *Você fala dentro do grupo?*
- PQ: É, dentro do grupo, ou durante as aulas... o que você acha que te marcou?
- Diana: *Dentro do grupo o que eu achei interessante foi o contraponto de a gente começar a pensar como as ciências humanas trabalham, que é uma coisa que a gente sempre deixa um pouco de lado. Na discussão em si, foi aquele ponto que eu levantei antes e, na aula, acho que foi até você que falou e eu achei bem interessante... quando você falou que a maioria dos entrevistados quando vai falar de Educação, que passa no jornal, entrevista, alguma coisa assim, são sempre matemáticos, estatísticos... não é uma pessoa da área, um cientista da área que vai lá e fala com propriedade sobre aquilo... Então mostra o quanto a política nossa trabalha só em cima de estatísticas. E eu me lembro que na aula de Política, o professor comentou sobre isso mesmo... que o governo trabalha em cima de estatísticas e essas estatísticas são levantadas por censos, de cinco em cinco anos, e que nós fazemos parte desse censo. E aí a gente estava discutindo até onde a gente é um número, até onde a gente faz alguma coisa para mudar... e eu achei interessante porque é bem isso mesmo. Por mais que eu já tivesse visto e percebido, não tinha caído a ficha. E na discussão que eu pude entender o quanto realmente... porque às vezes a gente está formando em Química, mas nós somos Química Licenciatura. Então, por mais que a gente veja a parte da ciência dura, a gente também vai ser pesquisador da área humana. Nosso objeto de estudo é humano. E eu achei muito interessante porque aí caiu a ficha... porque a gente pode perceber a importância disso, e como isso muitas vezes foge do que a gente chama de*

procedimental, que a gente faz tudo mecanizado, igual no laboratório, e tenta reproduzir isso com os humanos. E não dá certo.

Ainda sobre a Atividade 6, Diana salientou que pôde refletir sobre o trabalho colaborativo na ciência e sobre a influência do contexto histórico para a aceitação ou não de determinadas afirmações científicas.

PQ: Teve alguma outra coisa, dessas histórias do seu kit, que te marcou?

Diana: *Ah, da radioatividade, que foi muito complexo. E geralmente a gente estuda de uma forma muito reduzida. E como a gente não tinha... acho que a gente nem vai ver isso em História B, a gente vai parar bem antes... então eu achei bem interessante. Porque você pode perceber a contribuição de vários cientistas. Foi dali que eu comecei a perceber, principalmente nas atividades que vieram depois dessa, como é grande a construção de um conhecimento... até aquele conhecimento ser validado, e aceito, e ensinado como correto, que é o que a gente faz hoje... quanta coisa aconteceu, quantos experimentos que às vezes a gente não entende... e como o pano de fundo histórico influencia ali, tanto na questão se vai descobrir, se vai consolidar, se não vai, se vai ser aceito pela academia científica, ou se não vai... coisas que antes eu não pensava.*

Na sequência, a pesquisadora a questionou sobre quais discussões relacionadas à análise do caso histórico de Marie Curie haviam sido marcantes para ela. Como resposta, a licencianda destacou sua falta de conhecimento anterior sobre o tema e sobre como a participação na atividade lhe motivou a realizar seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) sobre a temática Mulheres na Ciência.

PQ: Você falou que seu TCC também vai ser sobre este tema... Por que você acha que é importante discutir sobre isso na educação básica?

Diana: *Então, quando eu fui fazer essa matéria... desde o início da Graduação eu já tinha um foco entre História ou Química. Quando optei por fazer Química, nunca imaginei que fosse conseguir conciliar as duas coisas. Quando eu fiz História da Química A, eu achei muito interessante conseguir entender como foram as descobertas, mas eu tinha uma ideia muito mais rasa de como a contribuição histórica poderia afetar no ensino. Quando a gente foi estudar sobre a participação das mulheres na ciência, a gente viu algumas palestras, e aí eu comecei a ver o quanto é importante esse despertar feminino para a ideia de que você pode escolher o que quer ser. Você não é intelectualmente inferior a ninguém por causa do seu gênero. Eu lembro que uma das palestrantes, uma doutora muito intelectual, muito firme nas colocações dela, comentou a respeito disso, sobre como mudar esse quadro. E aí ela comentou a respeito do ensino básico, de como a gente pode ensinar, criar estratégias... ela não deu uma resposta, era como se estivesse lançando um desafio... ela falava que a gente tinha que criar estratégias para despertar as mulheres para elas entenderem que elas têm uma posição na área da ciência. Que elas podem. Eu fiquei pensando: a gente ensina a História da Ciência e aborda só homens. É claro que isso vai fazer alguma diferença. Agora você imagina fazer*

uma abordagem histórica, trabalhar aspectos históricos, mas com a contribuição feminina? Dependendo da forma como você der... eu não quero criar uma situação de divisão. Agora as mulheres podem mais que os homens... não é essa a ideia. Meu trabalho é, ao invés de mostrar uma contribuição masculina, mostrar uma contribuição feminina para que ambos os sexos percebam que a contribuição não advém do gênero, e sim da capacidade, do esforço, da dedicação, que não é um gênio qualquer... porque toda vez que a gente pergunta para os meninos do Ensino Médio de gênio eles vão citar cientistas, pessoas que descobriram alguma coisa e normalmente vão citar homens! Então a partir do momento que eu vi a oportunidade de poder levantar essa discussão... talvez com uma atividade, eu achei muito interessante produzir algo a respeito disso.

Em seguida, a pesquisadora relembrou Diana sobre a questão problema contemplada no Caso Contemporâneo (Atividade 9), que também se relacionava à temática Mulheres na Ciência. A discussão versou sobre as influências das visões de NdC da licencianda na maneira como ela entendeu e interpretou diferentes informações relacionadas à questão problema.

PQ: Sobre essa questão que você falou... a questão que vocês tiveram que discutir sobre o que tinha mudado em relação a época da Marie Curie, enquanto cientista, para os dias atuais... quem são as mulheres que estão na ciência... e aí você falou que assistiu alguns vídeos para fazer esse trabalho. Então eu queria te perguntar o seguinte: você acha que teve alguma discussão que a gente fez nas aulas, sobre a ciência, sobre as características da ciência, que influenciou seu posicionamento quando a gente fez essa atividade?"

Diana: *O texto que a gente produziu... na época que a gente estava produzindo o que mais me focou foi o... não é o "pano de fundo" ... é como o contexto sociocultural influencia na descoberta. Por esse aspecto eu consegui pensar na ideia da Marie... porque se a gente não fosse pensar na questão sociopolítica, sociocultural da época em que ela vivia, o que ela estava vivendo... se for estudar só a contribuição dela sem pensar nisso, a gente não consegue ver os obstáculos que ela teve que passar, os obstáculos que ela teve que pular... o quão grandiosas foram as contribuições dela pelo fato de ser mulher, se você não avaliar o cenário em que ela estava inserida. Então acho que se eu não tivesse aprendido a olhar por esse ângulo, não ia achar tão grandioso assim o trabalho dela.*

Posteriormente, a pesquisadora questionou se as discussões realizadas a partir da Atividade 9 contribuíram para que sua visão sobre a ciência mudasse. Diana explicou que, embora ela ainda não fosse capaz de definir ciência, ela possuía uma visão mais ampla sobre a mesma.

PQ: Então essa questão das mulheres na ciência foi algo que marcou você?

Diana: *Foi.*

PQ: Você acha que isso mudou a sua visão de ciência de alguma forma?

Diana: *Ah, mudou. Eu ainda não sei definir o que é ciência, isso é um fato. Mas eu consigo enxergar que é algo muito maior do que eu vinha pensando que era. Eu imaginava apenas conteúdo, produção de laboratório, coisas muito mais palpáveis. E eu pude perceber que é muito mais do que isso. E que a história faz parte desse contexto de ciência, do que é ciência.*

Com vistas a obter mais informações sobre o processo de elaboração da aula simulada (Atividade 12), a pesquisadora questionou quais aspectos sobre ciência a licencianda julgou serem importantes de serem debatidos a partir do caso histórico escolhido pelo grupo. No diálogo que se seguiu, Diana destacou também a relevância de discutir tais aspectos para desmistificar visões estereotipadas frequentemente encontradas entre alunos.

PQ: A atividade na qual vocês tiveram que propor uma aula... a de vocês foi sobre a controvérsia do Galvani e do Volta, certo?

Diana: *Sim.*

PQ: O que eu queria te perguntar é: que aspectos sobre a ciência você achou que seria relevante discutir com essa história que vocês escolheram?

Diana: *A ideia era que você entendesse que a ciência não é imparcial. Então a gente tinha duas contribuições, dois cientistas diferentes envolvidos em contextos diferentes, que deram explicações diferentes para o mesmo fenômeno. E que vinham de situações diferentes. Outro aspecto que a gente queria trabalhar era a questão sociopolítica, como isso influenciou a vida dos dois cientistas. Então simplesmente falar que um descobriu, o outro descobriu, mas e o que aconteceu depois? O que aconteceu com ele? E aí tem a questão de Napoleão ter invadido a Itália e tal... e você perceber que... o aluno perceber que aquilo influencia na geração do produto do cientista, o que ele vai colocar e o que vai ser aceito. E se ele começa a perceber, o aluno começa a vislumbrar que 'opa, espera aí! Então esse conceito que eu estou aprendendo aqui não é uma verdade absoluta, que pode ser questionável', ele começa a entender que ele pode participar também disso. Eu posso gerar alguma contribuição. Então aí já trabalha também a ideia de que os cientistas não são seres sobrenaturais, colocados em um pedestal. E a gente tentou traçar uma atividade em que os alunos pudessem se sentir no papel de cientista, investigando realmente... lógico, dando a eles alguns argumentos, mas investigando realmente o que aquele fenômeno significava. Justamente para reforçar essa ideia, de que ele pode sim gerar uma contribuição.*

Em um momento posterior da entrevista, Diana explicitou como ela via que alguns aspectos históricos possibilitavam a compreensão sobre o modo como a ciência é produzida:

PQ: Ao longo da disciplina, a gente discutiu sobre várias características da ciência. Algumas você até falou que não havia parado para pensar antes... Você acha que a História da Ciência nos ajuda a entender como a ciência é feita atualmente?

Diana: *Eu não sei se fala que ajuda... mas é como se fosse um "abrir de cortina". Eu acho que se a gente consegue ter um olhar um pouco mais crítico e entender melhor alguns pontos... por exemplo, a gente levantou aqui em uma das discussões a questão da produção... 'ah, porque tem que produzir artigo, tem que produzir artigo, tem que produzir artigo!'... mas de onde vem essa necessidade? Para quê? Por quê? E você vê isso desde os antigos, os primeiros cientistas a primeira coisa que eles faziam era o quê? Eles não produziam artigos, mas eles produziam notas e colocavam em uma revista, ou mandavam algo assim 'olha, estou estudando sobre tal coisa e ainda não tenho os resultados, mas...' faziam tipo um 'bilhete', e mandavam para a academia...*

Ao final da entrevista, a pesquisadora questionou se Diana levaria em consideração algumas das discussões que ocorreram na disciplina para se posicionar sobre os temas controversos que permeiam a ciência atualmente. Com este questionamento, a pesquisadora desejava compreender se os aspectos sobre NdC explicitados pela licencianda – não só durante a entrevista mas também ao longo da disciplina IHQE – influenciariam seu posicionamento sobre tópicos relacionados à ciência. Ao responder à questão, Diana destacou dois aspectos que ela levaria em consideração nestes casos: a influência das concepções prévias dos cientistas na interpretação dos dados; e a influência do financiamento de pesquisas na produção do conhecimento.

PQ: Uma coisa relacionada com isso que eu queria te perguntar, com essa questão dos jornais, das revistas... ultimamente tem aparecido na mídia essa questão de temas controversos da ciência. Muitas vezes existem grupos de cientistas que estão falando sobre assuntos e eles têm pontos de vista muito diferentes entre si, eles não concordam em alguns aspectos. E aí muitas vezes a gente se depara com informações que, de certa forma, se contradizem. E aí eu queria te perguntar o seguinte: quando você se depara com uma questão controversa atual, você leva em consideração algumas das coisas que a gente discutiu na disciplina antes de se posicionar sobre esses assuntos?

Diana: *Claro! E eu acho que uma das coisas que agora me desperta muito mais é pesquisar sobre. Porque fulano (sic) está pensando assim, porque beltrano (sic) está pensando de outro jeito... o que está influenciando essas observações divergentes? O que está fazendo com que um lado pense de um jeito, ou pense de outro? E nisso... essa atividade que a gente fez me ajudou a pensar muito nisso. Do Galvani e do Volta. Porque você vê nitidamente a influência do biólogo e do físico, das áreas de atuação. Quanto mais se for influência... por exemplo, se essa questão divergente aparecesse dentro de um fármaco... quem está apoiando tal cientista? Quem está apoiando o outro? As descobertas deles*

estão sendo financiadas por quem? Então tudo isso vai pesar na hora de fazer a crítica. Então acho que aprender essas questões me fez parar e avaliar melhor o cenário como um todo. Porque muitas vezes apresenta na mídia, mas apresenta sempre voltado para um. Não é nunca imparcial o jornal ou uma revista. Sempre se mostra voltado para um. O próprio texto vai dando dicas e mostrando... ou até mesmo evidencia através da quantidade de informações de um e de outro... fala mais de um ponto de vista do que do outro pro (sic) ouvinte ou telespectador já se voltar para aquele lado. Às vezes a mesma notícia dada por outro jornal mostra um outro lado. Então passei a pensar mais nisso.

Ao final da entrevista, Diana explicitou como ela explicaria a um amigo o que é ciência, após ter cursado a disciplina IHQE. Diferente da primeira resposta da licencianda ao início da disciplina, ela não se referiu às metodologias utilizadas pelas ciências naturais como sendo uma definição da ciência, e sim salientou uma série de aspectos sobre NdC que, em sua concepção, poderiam ser utilizados para caracterizar a ciência.

PQ: No início da disciplina, vocês tiveram que responder como vocês explicariam para um amigo de vocês o que é ciência. E agora... como você explicaria para um amigo seu o que é ciência?

Diana: *Então, acho que o primeiro de tudo seria falar o que a ciência não é. Ela não é imparcial, ela não é absoluta, ela não é feita por contribuições de pessoas geniais, que descobriram a roda do nada. Ela é influenciada pelo contexto histórico no qual ela é produzida, ela tem fatores sociais e políticos totalmente influenciáveis, tanto na história quanto hoje. A ciência é produzida, mas ela precisa ser aceita por uma comunidade científica, ou por um determinado grupo... aquela contribuição precisa ser aceita. Acho que o que eu iria falar é isso... e a questão do gênero também. Eu iria falar que a ciência não é produzida por um sexo, não é porque você é de um sexo ou de outro que você não produz ciência. A ciência é acessível a qualquer pessoa.*

PQ: E como você acha que pensar sobre essas coisas... sobre o que é a ciência, ou sobre o que não é a ciência, muda a sua visão sobre a ciência?

Diana: *Ah, ela amplia. Para mim ampliou. Eu consigo enxergar, por exemplo, que eu sou capaz de fazer ciência. Uma coisa que antes eu não conseguia enxergar. Eu só conseguia imaginar o meu futuro dando aula para o Ensino Médio, apesar que eu amo isso. Mas despertou em mim esse interesse, de querer dar alguma contribuição. No que eu posso contribuir? O que eu posso gerar... que possa talvez alguém ler, como foi com o Avogadro, muito tempo depois gerar uma coisa boa? Quem sabe? Acho que para mim foi isso. Foi a questão de ampliar, de desmistificar... acho que o fato de eu entender que... através desse curso eu consegui entender melhor, enxergar, ampliar o meu horizonte... acho que se outras pessoas aprendessem e vissem esses aspectos também poderiam ampliar o deles.*

A partir do que foi explicitado por Diana na entrevista, identificamos que as discussões que ocorreram ao longo da disciplina possibilitaram a ela refletir sobre diversos aspectos de NdC, entre eles as diferentes metodologias que são adequadas para cada área da ciência; as relações entre gênero e ciência; a influência dos contextos históricos, sociais e políticos na ciência; o fato de cientistas não serem pessoas geniais; o papel da comunicação entre os pares; e a influência dos órgãos financiadores de pesquisa no processo de produção do conhecimento científico.

Além disso, Diana não apenas explicitou os aspectos sobre os quais pôde refletir em momentos diferentes da disciplina, mas também aqueles que ela levaria em consideração ao se deparar com tópicos controversos que existem na ciência atualmente: a influência da subjetividade dos cientistas na interpretação de dados e a influência dos órgãos financiadores de pesquisa na produção de conhecimento.

5.2 Caso II: Maria

5.2.1 Evento I: *Afinal, o que é ciência?*

A partir das respostas de Maria ao Questionário I percebemos que, diferente de Diana, a licencianda já havia vivenciado experiências relacionadas à pesquisa na área de Educação em Ciências e já havia lecionado por três anos em escolas da rede estadual de ensino. Ao responder sobre o modo como explicaria a um amigo o que é Ciência, a licencianda declarou que:

Diria que ciência é um ramo que se dedica a estudar os fenômenos que nos cercam a partir de um método no qual o rito é delineado pela área a ser analisada. Esses fenômenos são descritos por meio de uma linguagem científica e por meio de teorias que, por sua vez, são oriundas de dados sistematicamente adquiridos que vão subsidiar hipóteses que podem originar essas teorias.

Tal resposta da licencianda indica que ela concebia a ciência como uma série algorítmica de passos – característicos do método científico – que levariam à produção de conhecimento científico. Tal referência ao método científico pode ser identificada em outras respostas da licencianda. Por exemplo, ao responder à questão 17, Maria declarou que:

Os experimentos auxiliam os cientistas na aquisição de dados adquiridos em condições padronizadas para que possam formular hipóteses que possam fornecer explicações sobre um determinado fenômeno.

Ela também fez referência ao método científico ao responder à questão 20:

Resolver conflitos de ideias na ciência é uma tarefa difícil porque as soluções podem não ser permanentes e dependem de uma série de fatores. As evidências experimentais

colhidas a partir de dados sistematicamente coletados podem orientar a elaboração de teorias, que podem originar modelos. Esses modelos podem embasar as posições e trazer uma solução para um dado conflito.

Ao responder sobre como os cientistas decidem quais questões serão investigadas na ciência, a licencianda declarou que:

Os contextos sociais, econômicos, culturais e ambientais orientam as investigações, embora esses fatores não tenham o mesmo peso no momento da seleção dos objetos de pesquisa.

Assim, percebemos que embora a licencianda tenha considerado a influência do contexto que permeia a produção do conhecimento científico, ela não mencionou de que modo isso pode acontecer. Além disso, em sua percepção, tais aspectos não são preponderantes para se definir o objeto de pesquisa.

Ao responder à questão 22, Maria explicitou sobre sua visão em relação à importância de se discutir sobre HC:

A História da Química é essencial para entender a evolução dos conceitos em relação a um determinado tema e mostra que as teorias sobre um determinado fenômeno não surgem do nada, existe um caminho e a contribuição de diversos cientistas. E isso passa despercebido, pois de um modo geral poucos nomes recebem destaque, o que pode levar os estudantes a crerem que as teorias “caem de paraquedas” ou são formuladas por pessoas excepcionais.

Tal resposta indica que Maria compreendia sobre o papel do trabalho colaborativo na ciência e que os cientistas não são gênios. Ao responder à questão 23, Maria também destacou por que é importante inserir HC na Educação Básica:

É essencial fazer da História da Ciência uma ferramenta que subsidie o desenvolvimento dos conteúdos relacionados à área de Química pois permite aos alunos maior imersão nos temas e aproxima o “fazer ciência” dos alunos. Esse caminho é importante porque os caminhos trilhados para a elaboração de uma teoria apresentam hipóteses que podem aproximar-se das ideias que os alunos concebem sobre um determinado tema e os modos como essas ideias foram refutadas ou construídas podem favorecer a consolidação dos conteúdos e ampliar os horizontes dos alunos ao incentivá-los a fazer as suas releituras desses temas. Isso pode produzir uma massa crítica que futuramente seja capaz de realizar intervenções importantes no desenvolvimento da ciência.

Dessa forma, percebemos que Maria compreendia a HC como uma maneira de humanizar a ciência e encorajar os estudantes a se engajar nas aulas de Ciências. A seguir, apresentamos as reflexões sobre HC e NdC explicitadas pela licencianda ao longo da discussão ocorrida no primeiro encontro da disciplina. Ao ser questionada pela professora sobre o que é Ciência, ela apresentou ideias similares àquelas que foram explicitadas por

Diana. Assim, como sua colega, Maria também se referiu à ciência como sendo o estudo de fenômenos naturais, os quais podem ser observados e que, a partir de tais observações e da realização de experimentos, é possível comprovar teorias.

PF: Maria, o que é ciência?

Maria: *Ah, para mim a ciência é um ramo que se dedica a estudar algum fenômeno por meio de teorias, por meio de experimentos... a partir de vários conjuntos, da observação, de dados, de teorias, de modelos... acho que é isso.*

Em outro momento, Maria reforçou tal concepção ao se referir ao método científico como sendo a maneira a partir da qual o conhecimento científico é produzido:

PF: Como é esse estudo? Como a ciência é feita? Como a gente estuda as coisas?

Davi: *Observando...*

Maria: *Por meio do método científico, de observar, de formular uma teoria, de criar modelos, de avaliar esses modelos... eu acho que é por aí.*

PF: Mas tudo pode ser feito assim?

Maria: *Não... porque tem coisas que não tem ainda... acho que recursos pra (sic) gente verificar se existe ou não, enxergar... eu acho que às vezes algumas teorias são criadas, mas ainda não tem um recurso suficiente para verificar realmente se aquilo procede ou não. Então eu acho que com um conjunto de resultados experimentais, unindo essas ideias é que tenta se formular uma teoria que é mais adequada para tudo isso. Mas nem sempre pode ser verificado.*

PF: Mas então ciência precisa de experimento? Precisa de observação?

Maria: *Ah, eu acho que sim. Porque senão, não seria ciência... se não precisasse de verificar se procede ou se não procede.*

Na sequência, a professora chamou a atenção da turma para a diferença entre observar e propor uma explicação para determinado fenômeno. Além disso, ela destacou que algumas áreas da ciência como, por exemplo, a Astronomia e a Química Teórica, não realizam experimentos empíricos.

PF: Observar é uma coisa. Não significa que você dá conta de explicar. Observar é olhar... e a Astronomia? A gente fica muito na Química, na Biologia, na Física, nessas ciências muito próximas da gente, que tem esse caráter empírico muito forte. Mas a gente tem que pensar na ciência como um todo! Tem algumas ciências em que os fenômenos não são observáveis.

Maria: *Mas tem que ter uma linha, porque senão também... como é que faz?*

PF: E Química Teórica?

Maria: *Ah, mas e a matemática por trás? Tem a ideia dos modelos... eu acho que não tem como fazer nada ali também se não tiver uma teoria por trás.*

Posteriormente a licencianda completou:

Mas quando a gente vai trabalhar com tunelamento [de elétrons], por exemplo... por mais que seja uma coisa, assim, matemática e tudo... tem aspectos experimentais que comprovam que o tunelamento existe, porque se eu consigo encontrar a molécula em várias formas que são mais estáveis, e formas que teoricamente são proibidas, transições que a gente consegue observar que não deveriam acontecer, isso sustenta... pra mim, isso me satisfaz.

Não obstante os argumentos da professora, Maria insistiu na ideia de que os experimentos são algo imprescindível para a produção do conhecimento científico. A discussão prosseguiu e a professora questionou o que era ‘conhecimento’, termo anteriormente utilizado pelos licenciandos para caracterizar o que é a ciência.

PF: Essa palavra ‘conhecimento’... o que é isso, hein?

Maria: *Ah, eu acho que à medida que a gente vai estudando um determinado fenômeno, a gente vai adquirindo um conjunto de informações a respeito dele.*

PF: Adquirindo?

Maria: *É, isso de alguma maneira fica registrado... seja por meio dos livros, dos artigos, de alguma nota técnica. Se acontece alguma coisa vai ter um registro. Isso para mim é um conhecimento.*

PF: E quando ele é produzido pela primeira vez?

Davi: *Mas ele é fruto de uma observação... nenhum conhecimento vem assim.*

Maria: *Mas eu acho que conhecimento, ele é uma coisa que é mais acessível...*

PF: Mais acessível do que o quê?

Maria: *No sentido assim, de que é uma informação que passa por uma divulgação. Porque a princípio eu posso ter uma experiência, que eu não comentei com ninguém, que só eu vivi, e que é um conhecimento meu, mas não é uma coisa que é acessível para qualquer pessoa. Ou para um grupo de pessoas.*

Tal fala da licencianda indica a compreensão de que, para que um conhecimento seja considerado científico, é necessária a validação por parte da comunidade científica. Dando prosseguimento à discussão, a professora questionou:

PF: O que não é conhecimento científico?

Maria: *Eu acho que o que não é conhecimento científico é o que não é uma informação adquirida com os ritos que se tem na ciência. Não tem um fenômeno, uma teoria, hipóteses.*

Assim, percebemos que a licencianda novamente fez referência ao método científico – o que ela denominou de “ritos da ciência” – como sendo o meio pelo qual o conhecimento científico é produzido. Em seguida, ao iniciar a discussão sobre a Atividade 2, a professora sugeriu que fosse feita uma caracterização da ciência.

- PF: Então nós temos que achar um jeito de caracterizar o que é ciência mesmo e o que não é. Porque pelo que vocês falaram antes, foi feito todo um estudo sistemático, foram anos de observação, estudo estatístico, por trás... em termos da metodologia que ele usou não posso falar que não foi uma coisa bem feita. Bem feita no sentido de... com rigor. Se foi bem executado ou não, eu não sei. Mas com rigor, em termos de método, foi.
- Maria: *Mas eu acho que falta uma coisa. Porque embora ele tenha tido critério na pesquisa, o que ele pegou para estudar, para mim não é um tema que é do interesse universal. Porque, por exemplo, se eu estiver em um lugar que não chove, essa ciência dele não vai ter aplicação. Quando vem ciência na minha cabeça, ciência para mim é uma coisa que ajuda a explicar os fenômenos que são importantes para a sociedade e que despertam o interesse em qualquer lugar. Por exemplo, a Química. Eu já penso em materiais. E materiais é uma coisa que é importante em qualquer lugar. E ela dá base para discutir uma série de outras coisas. Agora, Guardachuvologia é muito restrito para mim.*
- Davi: *Se a gente for pensar... por exemplo, em Marte não tem seres vivos... na Lua não tem seres vivos, mas as Ciências Biológicas continuam sendo uma ciência!*
- Maria: *Mas, por exemplo... eu concordo, mas ... Química? Em qualquer lugar do mundo as pessoas vão ter interesse em Química, em estudar os materiais, porque isso é importante! Isso tem um apelo social.*

Na percepção da licencianda, o aspecto 'interesse' era um critério importante para caracterizar o que é ciência. Dando prosseguimento à discussão, a professora levantou o seguinte questionamento:

- PF: Então foi feito um estudo rigoroso, de anos, coletando dados, com tratamento estatístico... gerou determinado conhecimento que deu conta de explicar e deu conta de uma outra coisa que a ciência faz também: de prever! A gente associa muito ciência só com explicação, mas o conhecimento científico precisar dar conta de prever coisas. Senão ele é restrito demais. Muitas vezes as ideias mudam justamente por isso. Dá conta de explicar, mas só isso aqui. E aí? E se...? Então prever é uma coisa importante! Agora, a Diana tocou em um ponto crucial da história. Basta uma pessoa para aquilo ser um conhecimento científico? Uma pessoa...
- Laura: *...gerar o conhecimento?*
- PF: Não. Não uma pessoa gerar. Porque às vezes acontece de uma pessoa ter uma ideia, tudo bem. Mas, se uma pessoa falou, se um cientista falou, aquilo é conhecimento científico?
- Clarice: *Não, porque aquilo que ele falou tem que se repetir... não basta só ele falar pra (sic) virar verdade...*
- PF: Pois é, mas repetir nesse caso não tem problema, porque ele ficou lá anos e anos, fazendo a coisa...

Maria: *Mas eu acho que isso tem que ser validado por outras pessoas, no sentido de outras pessoas desenvolverem trabalhos similares, de ter uma comunicação disso, e uma validação pela comunidade científica.*

Tal fala da licencianda indica que ela considerou o papel da comunicação e da validação pelos pares como um critério para que determinado conhecimento seja considerado científico. Em um momento posterior da discussão, Maria destacou novamente o papel da validação pelos pares:

Por exemplo, quando alguém descobriu que os metais conduzem eletricidade, provavelmente em várias partes do mundo eles foram verificar isso. E aí a pessoa que chegou nessa teoria de que eles conduzem... certamente outras pessoas também chegaram nesse mesmo resultado e elas ficaram 'olha, realmente ele está com razão no que ele está falando!'.

Ao final da discussão, Maria explicitou sua concepção sobre o papel dos modelos na ciência, a partir de um questionamento feito pela professora:

PF: Agora, a gente tinha falado uma outra coisa importante... ele ser aceito na comunidade significa que ele é verdade?

Os licenciandos responderam que não.

Davi: *Significa que ele é ciência.*

PF: Significa que ele é científico. Para sempre?

Os licenciandos responderam que não.

PF: Por que não?

Clarice: *Porque pode vir uma outra pessoa...*

Maria: *Os próprios modelos atômicos, acho que ilustram bem isso.*

Davi: *Mas eles deixaram de ser ciência?*

Maria: *Eles não deixaram de ser ciência. Mas, por exemplo, o modelo de Dalton é um modelo que se aplica bem para explicar, por exemplo, a questão do balanceamento, de conservação de massa, mas quando você vai usar o modelo de Dalton para explicar fenômenos elétricos, você não consegue. Então, não é que ele não é válido, mas ele não é capaz de explicar outros fenômenos, então ele tem que ser abandonado.*

Assim, percebemos que Maria compreendia que os diferentes modelos atômicos possuem limitações, visto que podem ser utilizados apenas para explicar determinados fenômenos. Contudo, nas palavras da licencianda, as limitações de um modelo constituíram uma razão para que ele deixasse de ser utilizado, o que fica evidenciado quando ela menciona que tal modelo deve ser “abandonado”. Tal aspecto indica uma concepção equivocada sobre o papel dos modelos na ciência uma vez que o fato de um modelo possuir limitações não significa que ele não possa ser utilizado para explicar determinados

fenômenos. Em relação ao modelo atômico de Dalton, por exemplo, embora ele não seja capaz de explicar, por exemplo, como ocorrem as ligações químicas entre átomos (fenômeno que o modelo quântico pode explicar), ele é capaz de explicar a estequiometria de reações químicas.

Considerando o que foi explicitado por Maria neste evento percebemos que, assim como Diana, ela também concebia que o conhecimento científico é produzido a partir de um método algorítmico, que envolve observação, elaboração de hipóteses e teorias e, sobretudo, a realização de experimentos. Além disso, Maria não possuía uma concepção clara sobre o papel dos modelos na ciência. Por outro lado, percebemos que a licencianda compreendia aspectos como o papel da comunicação, do trabalho colaborativo na ciência e da validação pelos pares.

5.2.2 *Evento II: Aventurando pelos casos históricos*

Conforme mencionado anteriormente, Maria realizou a atividade referente aos kits de Casos Históricos juntamente com Diana e Davi. A licencianda representou o autor Hal Hellman no *talk show* elaborado pelo grupo. Ao início da apresentação, Maria explicou que seu livro foi elaborado com o objetivo de mostrar um pouco dos bastidores da vida dos cientistas, e fugir do tipo de abordagem histórica que é feita nos livros didáticos de Ciências, os quais citam apenas datas, dados biográficos e os êxitos dos cientistas. A licencianda também explicou que contaria sobre dois casos históricos: um relacionado à área de ciências humanas e outro relacionado às ciências naturais. Nesse momento, Diana entrevistou:

Diana: *É engraçado você falar porque o embate acirrado justamente de alguns estudiosos é que trazem esse contraponto a essa ideia de consensualidade que acontece hoje em dia nos livros, no ensino em geral, não é isso?*

Maria: *Justamente! E isso é muito danoso para o estudante. Assim, como as coisas vão evoluindo sem uma crítica, sem um debate? É exatamente a crítica que faz os trabalhos se desenvolverem, não só na ciência, mas em todas as áreas. Como a gente vai tirar do estudante a oportunidade de ele verificar quais foram os embates que existiram em torno de uma ideia? Por que uma ideia evoluiu um pouco mais do que outras? Tudo isso é essencial para ele desenvolver raciocínio e, futuramente, ser um cientista também.*

Tal fala da licencianda indica que o papel das críticas e dos embates entre cientistas era visto como um aspecto importante no processo de produção do conhecimento científico. Além disso, ela também considerava tal aspecto importante de ser abordado com estudantes da Educação Básica. Maria prosseguiu contando sobre a controvérsia ocorrida entre os cientistas Newton e Leibniz, destacando alguns aspectos de NdC em sua fala:

Bom o Cálculo Diferencial... qual foi o grande problema entre o Newton e o Leibniz? Bom, o Newton desenvolveu muitas coisas da área da Física, pra (sic) área da Matemática, e ele desenvolveu o Teorema Fundamental do Cálculo. Só que quando ele fez o trabalho dele, ele não publicou esse trabalho. Ele mostrou para alguns pares, para algumas pessoas que se interessavam pelo assunto. E em função disso, ele conseguiu uma vaga para trabalhar em Cambridge, na universidade, dando aula de Matemática. Ele não publicou esse trabalho, mas ele era muito reconhecido por quem estudava matemática. E o outro autor, o Leibniz, ele não era acadêmico, ele era advogado, mas se interessava por muitos assuntos, por essa área, porque ao desenvolver o Cálculo, ele poderia desenvolver outros trabalhos. Qual foi o grande problema? Bom, antes de chegar nessa parte, uma coisa que falta nas abordagens históricas dos livros é citar que o Newton contribuiu para desenvolver o Cálculo Diferencial, mas como surgiu isso? Ele teve um insight e desenvolveu isso? E na verdade não. Na verdade, antes dele existiram vários trabalhos em que ele se baseou e em que o Leibniz também se baseou... já tinha várias ideias que estavam surgindo em torno daquela questão. Eu destaquei que um cientista já sabia encontrar os máximos e mínimos em equações. O Descartes já tinha contribuído para desenvolver a Geometria Analítica... e essas ferramentas contribuíram para o Newton ter as ideias que ele teve. Então também tem uma outra questão ali das retas tangentes, que também foi desenvolvida por outro matemático. Então quer dizer, essa questão das ideias prévias, quando elas são abordadas em um texto que pretende fazer uma abordagem histórica, elas ajudam a desconstruir a ideia de que o cientista é uma pessoa genial, que é uma pessoa que olhou e teve uma ideia. Na verdade, é claro que alguns cientistas tem um diferencial... o Newton eu considero que é um cientista que tem um diferencial, é um cientista que conseguiu enxergar coisas importantes, mas não foi sozinho! Ele se baseou em vários trabalhos. Quando a gente mostra essa questão dos trabalhos prévios, isso mostra uma visão mais verdadeira de ciência. Que a ciência é um trabalho coletivo também, não é uma coisa individual. É claro que algumas habilidades individuais podem fazer determinado tema se desenvolver mais do que outros, mas sozinho ninguém é capaz de fazer ciência. E essa é a ideia que a gente quer passar também.

A partir da fala da licencianda, percebemos que ela considerou importante destacar aspectos como o trabalho colaborativo na ciência e que, justamente por isso, os cientistas não são pessoas geniais que trabalham sozinhas. Além disso, ela manifestou uma mudança em relação à sua percepção sobre o papel da observação na ciência, ao destacar que Newton não teve um *insight* ao propor o Cálculo Diferencial mas, antes, se baseou nos trabalhos de outros cientistas. No início da disciplina, a licencianda considerava a observação como algo imprescindível para a produção de conhecimento, o que se difere da reflexão acima destacada, na qual ela mencionou sobre a influência dos conhecimentos prévios na proposição de novas teorias. A licencianda prosseguiu:

Maria: *Mas qual foi o problema? O Leibniz publicou um artigo, e ele ficou como o cientista que contribuiu inicialmente para o Cálculo Diferencial. Só que nesse artigo, em nenhum momento ele cita o Newton, que também estava trabalhando com essas ideias. Aí qual foi a justificativa dele para não citar o Newton? Ele disse que o Newton era reconhecido na Inglaterra, mas na*

Alemanha, que era onde o Leibniz publicou, ele não era conhecido. E além disso, o Newton não tinha publicado nenhum trabalho. Porque o Newton mostrava o trabalho dele para os pares ali, mas ele não publicou em uma revista, não comunicou o resultado de algum trabalho dele.

Diana: *Então dois cientistas, na mesma época, em locais diferentes, conseguiram ter a mesma descoberta?*

Maria: *Exatamente! E isso, embora pareça contraditório..., ‘mas como que duas pessoas vão descobrir a mesma coisa?’... isso é muito comum. Porque veja bem, os trabalhos em que eles se basearam eram os mesmos, ambos tinham o interesse pelo tema. Se eles partiram da mesma base e tinham interesse pelo assunto, eles podem ter ideias que se contradizem, mas podem ter muitas convergências. Se eles estão trabalhando no mesmo momento, pode ser perfeitamente possível que eles desenvolvam ideias parecidas, em locais diferentes.*

Na concepção da licencianda, o fato de Newton e Leibniz terem se baseado nos mesmos trabalhos, poderia justificar o fato de os dois cientistas terem chegado a conclusões similares e, assim, elaborado a mesma teoria. Dessa maneira, percebemos que Maria utilizou um aspecto de NdC para explicar um aspecto histórico, haja vista que a reflexão da licencianda indica a percepção de que as experiências prévias dos cientistas podem influenciar o modo como eles elaboram explicações. Ela prosseguiu explicando que a controvérsia entre os dois cientistas se iniciou quando Leibniz publicou um trabalho sobre o Teorema Fundamental do Cálculo. Newton reivindicou a autoria do mesmo, pois já havia elaborado tal teoria anos antes, embora não o tenha publicado. Neste momento, Maria destacou que:

Agora, o Newton não publicava os trabalhos dele, porque ele tinha muito receio das críticas negativas. E isso mostra o lado humano dele... porque todo mundo tem certo receio de receber uma crítica negativa. Só que o receio dele era demasiado.

Assim, percebemos que Maria destacou o lado humano dos cientistas ao mencionar que Newton não publicava seus trabalhos por medo de receber críticas negativas. A licencianda prosseguiu:

Bom, e aí o Newton se vingou do Leibniz. Isso mostra um outro lado, de que a ciência não é tão neutra quanto os livros colocam.

Mais uma vez, a licencianda destacou um aspecto de NdC a partir de um aspecto histórico. Ao destacar que Newton utilizou sua influência na *Royal Society* para reivindicar a autoria do Cálculo Diferencial e para desacreditar Leibniz diante da comunidade científica, Maria destacou que isto era um indício de que a ciência não é neutra.

Após ter contado sobre a controvérsia entre Newton e Leibniz, Maria explicou sobre a controvérsia entre Margareth Mead e Derek Freeman. Sobre esta última, a licencianda destacou o pioneirismo de Mead ao interpretar fenômenos sociais sob uma ótica diferente da eugenia, teoria que estava sendo grandemente discutida pela comunidade científica naquele contexto. Maria também mencionou que Freeman esperou até que Mead falecesse para publicar livros contendo críticas ao seu trabalho, sem que a pesquisadora tivesse a chance de defender suas ideias. A licencianda também destacou que:

Ele [Derek Freeman] não fez trabalho nenhum. Ele não fez uma pesquisa, ele simplesmente pegou o trabalho feito pela Margareth e criticou. Inclusive, algumas pessoas que eram contra a Margareth passaram a colocar argumentos favoráveis à pesquisa dela. Porque a vida inteira ele fez só criticar o trabalho dela. Ele publicou vários livros criticando o trabalho dela, foi só isso o que ele fez. Se ele tivesse feito uma pesquisa, com critério, pra (sic) poder questionar o trabalho dela era uma coisa.

Tal fala da licencianda indica sua compreensão sobre a necessidade de se realizar um estudo sistemático, com evidências que deem respaldo a afirmativas científicas. Nesse sentido, ela destacou a atitude de Freeman, que teceu críticas ao trabalho de Mead na ausência de um estudo que corroborasse tais críticas. Além disso, Maria utilizou a controvérsia entre Mead e Freeman para destacar outros aspectos de NdC:

Bom, eu acho que a polarização é muito importante, porque ela pode levantar questões que num trabalho não foram abordadas. Quando se tem uma crítica a um determinado trabalho, é importante... e de certa forma começam a aparecer grupos que defendem mais determinados argumentos e outros que defendem argumentos contrários. Mas isso é importante porque no fim das contas, essas ideias ao serem debatidas e analisadas, elas vão convergir para um determinado ponto e vão amadurecer uma ideia.

A licencianda prosseguiu:

O Freeman também foi importante. Porque de certa forma, no livro foram feitas generalizações sem o devido cuidado. Embora a obra tenha uma importância que é inquestionável, a autora fez generalizações sem o devido cuidado. Em relação ao comportamento humano, fazer generalizações é uma coisa um pouco delicada. Então as críticas dele chamaram a atenção para isso. Nesse caso foi o que ele fez de positivo, essa luta que ele teve de anos criticando o trabalho que foi feito.

Assim, percebemos que a licencianda considerou as divergências de ideias entre os cientistas como algo importante para o desenvolvimento do conhecimento científico. Ainda sobre a ideia de que a ciência não é consensual, Maria destacou a importância das críticas de Freeman para colocar em xeque as afirmações feitas por Mead. Nesse sentido, percebemos que a licencianda se atentou para as diferenças no modo como as pesquisas sobre os fenômenos sociais são realizadas (em comparação àquelas envolvendo fenômenos

naturais), ao mencionar o equívoco de Mead ao fazer determinadas generalizações em seu trabalho.

Após a apresentação, iniciou-se o momento em que seriam feitas perguntas ao grupo. Neste momento, a pesquisadora questionou:

PQ: Outra questão que eu queria perguntar para vocês é: vocês destacaram muito bem as diferenças de pensamento que existiam entre a ideia da eugenia e a ideia de que o comportamento humano é fruto do meio social. Por que vocês acham que essa ideia da eugenia teve tanta repercussão? Por que ela foi tão propagada?

Maria: *Eu acho que... primeiro, na época se pensava que a genética influenciava o comportamento, havia várias pesquisas na área de Biologia... o Mendel estava em evidência, ele veio com essa ideia de genética, a ideia de que a cor dos olhos pode ser influenciada pelos genes, o cabelo, a cor da pele... então isso influenciou os antropólogos em relação ao comportamento. Será que a genética também pode influenciar o comportamento? Eu acho que é uma questão relevante de se pensar também. Por que não pensar que a genética pode influenciar o comportamento? Hoje a gente sabe que alguns genes podem definir se a pessoa vai ser agressiva ou não. Então é uma discussão que foi válida sim. Só que o problema foi que grupos se apropriaram dessa ideia. Porque você vê que essa ideia acabou dando subsídio para o Nazismo, por exemplo, para o Fascismo... Então, pessoas que estavam interessadas em ter uma posição de poder político, usaram ideias científicas para ações absurdas. Então eu acredito que essa questão da genética ganhou mais visibilidade porque existiam grupos interessados nesse tipo de ideia, pra (sic) justificar ações.*

A resposta da licencianda indica que ela considerou as concepções dos cientistas como um fator que pode influenciar a interpretação de dados na ciência. Isto ficou evidente ao mencionar a importância dos estudos de Mendel para a difusão das ideias sobre a influência de fatores genéticos no comportamento humano. Além disso, Maria demonstrou a compreensão de que aspectos sociais e políticos podem influenciar a ciência, ao destacar o modo como ideias consideradas científicas podem ser apropriadas por determinados grupos, com vistas a favorecer interesses dos mesmos.

Ao final da discussão, a professora solicitou ao grupo que destacasse quais aspectos relacionados aos casos históricos abordados haviam sido marcantes. Neste momento, Maria destacou que:

O que me chamou mais a atenção, foi a questão de notar muitos pecados capitais. Nessas histórias, eu achei que o lado humano dessas pessoas é muito parecido com o que a gente vivencia. Ainda mais a gente que está na universidade, que vivencia a pesquisa... muitas coisas que a gente vivencia, ou já viu alguém passando por isso... então eu gostei muito da história do Newton, eu achei muito legal essa questão de ele ter medo de ser criticado, que

é uma coisa comum, que todo mundo tem. Algumas pessoas quando vão apresentar um trabalho, uma tese, sofrem meses e meses antes e depois do processo. Agora, o que me chamou mais a atenção foi eu já ter formado no curso de Licenciatura¹⁷, continuado estudando, e só nesse momento ter tido a oportunidade de enxergar esse outro lado da ciência.

A partir do que foi explicitado por Maria, percebemos que os casos históricos discutidos nesta atividade possibilitaram a ela refletir sobre diversos aspectos de NdC como, por exemplo: o papel da crítica e do embate entre os cientistas; o trabalho colaborativo na ciência; o lado humano do cientista (que não é uma pessoa genial, tem receio de receber críticas, pode utilizar de sua influência para prejudicar outros cientistas); o papel dos estudos sistemáticos e das evidências que dão respaldo a afirmativas científicas; as idiossincrasias dos diversos modos de produção do conhecimento; a influência das concepções prévias dos cientistas na interpretação de fenômenos; e a influência de aspectos sociais e políticos na ciência.

5.2.3 Evento III: O caso Marie Curie

Conforme mencionado anteriormente, um caso histórico relacionado ao trabalho e à vida de Marie Curie foi discutido na disciplina. Quando da apresentação dos trechos do filme biográfico da cientista, Maria destacou algo que havia lhe chamado a atenção na fala do professor (mencionada no Caso I) ao início do filme:

Eu não sei, mas parece que ele cria os dois lados: a verdade, que é o discurso científico e o que se acredita por intuição, o que foi um conhecimento propagado. Eu não sei se eu li errado ali, mas parece que ele fala assim... quando ele fala da questão da Terra, que ela gira, e o que se falava no outro discurso que não é o da ciência. Então acho que ele colocou isso como 'ah, a ciência fala isso! Esse discurso é o mais adequado!'... como que se o que tivesse fora da ciência não tivesse validade.

Tal fala indica sua percepção de que a ciência é apenas uma entre outras formas de produção de conhecimento. Sendo assim, ela não pode ser considerada como uma verdade absoluta ou superior a outras formas de conhecimento.

Posteriormente, os licenciandos explicitaram suas reflexões sobre a cena do filme na qual Becquerel compartilha com Marie e Pierre Curie seu espanto em relação aos resultados de seu experimento. Neste momento, a pesquisadora explicou que, ao perceber que a peloblenca era capaz de revelar chapas fotográficas mesmo na ausência de luz,

¹⁷ A licencianda já havia concluído a graduação em Licenciatura em Química. Contudo, ela estava cursando Química Tecnológica naquela universidade e, por isso, pôde se matricular na disciplina IHQE.

Becquerel chamou este fenômeno de hiperfosforescência. A partir desta explicação, a pesquisadora questionou:

- PQ: E por que vocês acham que ele pensou que isso era hiperfosforescência?
- Maria: *Ele já estudava esses fenômenos, não é? Então eu acho que o contexto em que ele trabalhava levou ele (sic) a pensar que era hiperfosforescência. E se ele conseguiu revelar uma imagem, e ficou exposto ao sol, não é? Eu acho que se eu estivesse trabalhando com isso eu iria pensar que se a fosforescência é uma transição eletrônica que, na hora que retorna ao estado fundamental, passa por vários estados intermediários... por que não pensar na hiperfosforescência, em que ele teria um elemento que iria passar por mais estados intermediários e então iria fazer emitir essa energia mais devagar e por mais tempo? Eu acho que pelo que ele estava estudando, era bem intuitivo pensar assim.*
- PF: Vocês acham que é normal isso acontecer?
- Maria: *Sim! Inclusive uma vez eu fiz uma matéria na Faculdade de Ciências Econômicas que não tem nada a ver com Química. A gente estava estudando gênero e trabalho. E aí a gente foi estudar a situação da mulher no mercado de trabalho e dos transexuais. E assim, sempre que eu voltava para casa à noite, eu passava em alguns locais e via travestis. Eu passava e via aquilo, e parece que a gente tem uma noção do porquê isso acontece, mas não consegue ter um raciocínio lógico em cima daquilo. Aí a gente começou a estudar porque boa parte dos transexuais se prostituem. Inclusive, meu grupo foi em vários pontos de prostituição à noite para conversar com essas pessoas, e a gente já tinha lido vários textos. Aí que a gente foi saber que essas pessoas não conseguem emprego de jeito nenhum. É uma coisa que a gente tem na intuição e, na prática, é o que acontece. Chega um 'Paulo', e entra a 'Maria' para fazer uma entrevista, empresa nenhuma aceita. Aí que a gente foi entender a importância de se ter o nome social, o fato de essas pessoas não conseguirem ser aceitas no mercado formal, leva elas (sic) para a informalidade. Então assim, a princípio se eu não tivesse feito a disciplina... se eu tivesse que dar uma explicação sem ter feito a disciplina, a minha análise seria uma análise muito simples do problema.*

Dessa forma, percebemos que Maria considerou a influência das concepções e experiências prévias dos cientistas na interpretação de fenômenos como algo que explica o fato de Becquerel ter considerado que o fenômeno por ele observado seria similar à fosforescência. Além disso, a licencianda mencionou que ela própria passou a interpretar um fenômeno social de maneira diferente, após ter cursado uma disciplina de uma área diferente da sua. Posteriormente, Maria destacou como as concepções prévias dos cientistas também podem se constituir em um entrave à produção de novos conhecimentos. Tal reflexão surgiu a partir de uma das cenas do filme biográfico sobre Marie Curie, na qual a cientista reavalia, juntamente com Pierre Curie, a análise de dados feita por ela. Nesta cena,

a cientista sugere que seja refeita a análise, visando identificar alguma possível fonte de erro, uma vez que os dados encontrados por ela se mostraram incoerentes com o que era esperado. Após pensar durante algum tempo sobre possíveis fontes de erro, Marie sugere à Pierre sobre a possibilidade da existência de um novo elemento químico. A partir desta cena, Maria declarou que:

Agora, uma coisa que eu acho interessante é que... o que eu acho que atrasou ela [Marie Curie] chegar na conclusão que ela chegou é que ela tinha um conceito muito bem estabelecido da época, de ciências, daquela pesquisa que ela estava fazendo. Então ela estava com o olhar condicionado. E pra (sic) ela pensar diferente, ela tinha que romper com muitos conceitos que já estavam bem estabelecidos. Tanto que ela fala 'não vou nem ousar falar'. Então assim, uma coisa é você estar mexendo com fungos, que é o que eu trabalhava antes. Você já tem um caminho pra (sic) trabalhar com fungo. Você pode até achar uma coisa de sobrenatural no fungo, mas tem um caminho pra (sic) isso. Você não precisa pegar e desacreditar muitos estudos que já tem sobre fungo. Agora no caso dela, ela tinha que romper com um modelo e isso é difícil de fazer. Eu acho que é mais uma ideia daquela questão de que a gente tem o olhar condicionado e isso é bom e ruim, porque também a gente não pode descobrir a roda todo dia. Mas em algum momento a gente tem que romper com o que está aí. E isso é uma responsabilidade muito grande, ainda mais para uma mulher, que já não tem tanto espaço na ciência.

Na percepção da licencianda, os conhecimentos prévios dos cientistas podem fazer com que eles tenham dificuldade para interpretar fenômenos sob uma perspectiva diferente. Nesse sentido, a subjetividade do cientista seria algo negativo. Além disso, ela apontou para o obstáculo de se colocar à prova ideias que já estão bem estabelecidas na ciência, especialmente no caso de Marie Curie que, naquele momento de sua carreira, ainda encontrava dificuldades para obter reconhecimento dos pares, por ser mulher.

Ainda sobre a cena acima mencionada, Maria destacou que:

Agora, em relação àquilo que eu falei, quando ela pede para ele olhar os resultados da análise, é porque eu fico pensando assim, se aquilo não teria passado despercebido. Porque às vezes a gente faz um trabalho de pesquisa, vai lá e publica, e aí você colocou os resultados lá, mas não faz uma avaliação de certos aspectos que uma outra pessoa que está lendo seu trabalho pensa naquilo e você não pensou. Você registrou, publicou, mas não necessariamente fez todas as abordagens em relação àquilo. E às vezes é uma coisa dessas que faz o trabalho ter vários desdobramentos.

Assim, percebemos que a licencianda considerou o papel da validação pelos pares como um aspecto importante no processo de produção do conhecimento científico, na medida em que algumas avaliações podem contribuir para que certos aspectos de uma

pesquisa científica sejam reavaliados. Nesse sentido, ela destacou o papel destas avaliações para o desenvolvimento de novos conhecimentos.

Após a apresentação dos trechos do filme, foi discutido sobre o texto anteriormente mencionado, de Pugliese (2007). Devido ao elevado grau de detalhamento com que este texto aborda os obstáculos enfrentados por Marie Curie enquanto mulher na academia, um dos aspectos discutidos foi a dificuldade enfrentada pela cientista para que sua pesquisa fosse reconhecida. Nesse sentido, um aspecto destacado no texto é que Marie Curie foi considerada uma exceção tanto por possuir características que não são inerentes às mulheres em geral, quanto por ser a única capaz de fazer ciência (como um homem é capaz de fazer). A partir disso, Carol destacou que os cientistas contemporâneos de Marie Curie só deram o devido reconhecimento às pesquisas da cientista quando esta deixou de ser vista como mulher, para ser vista como cientista. Neste momento, a professora destacou que:

PF: Eu acho que essa coisa de que ela sempre foi meio exceção, isso sempre existiu. E a partir de determinado momento, isso significou muita coisa. Porque ela conseguiu algumas coisas justamente... quer dizer, não sei se eles deixaram de vê-la como mulher sempre. Mesmo que vissem, era diferente. Era diferente porque ela dava conta de coisas que eles acreditavam que todas as mulheres não davam.

Maria: *Ah, mas eu acho que ela conseguiu esse espaço porque como ela estava muito envolvida com a pesquisa, o marido dela morreu e já tinha muito interesse econômico em cima dessa pesquisa que ela estava fazendo, eu acho que esse espaço que ela conseguiu tem uma coisa a mais, tem outros interesses.*

Nas palavras da licencianda, o reconhecimento conquistado por Marie Curie na academia foi impulsionado devido aos interesses econômicos que surgiram em torno de suas pesquisas e não apenas devido ao reconhecimento dos pares. Em um momento posterior, a professora solicitou aos licenciandos que comentassem sobre as formas de comunicação entre os cientistas que são destacadas no texto. Neste momento, Maria destacou outro aspecto de NdC a partir de um questionamento da professora.

PF: Mas eles [os cientistas] se comunicavam?

Bianca: *Pouco, mas se comunicavam.*

Maria: *Eu não acho que seja pouco não. Eu acho que na comunidade científica esse trânsito de informações era mais dinâmico... mesmo de um país para outro. Porque, por exemplo, quando a gente estudou aquele texto do Newton, em países diferentes eles estavam mais ou menos antenados com o que estava acontecendo, o que estava se pesquisando... eu estou dizendo assim, embora a velocidade de troca de informações, não tem nem como comparar a que a gente tem hoje com a que se tinha, acho que tinha sim uma troca de*

conhecimentos dentro da comunidade científica que estudava sobre determinado assunto... independentemente da localidade.

PF: O que eles comentam aqui sobre aquela fase... depois todo mundo interessado em radioatividade porque eles viram a aplicação da radioatividade na medicina...

Maria: ... é eu acho que esse trecho comprova isso. Que tinha um intercâmbio de informações. Senão, como eles iriam ficar sabendo dessa pesquisa que estava sendo feita?

Assim, percebemos que a licencianda reconheceu a comunicação entre os cientistas como um aspecto que caracteriza as práticas científicas ainda que, no passado, tal comunicação não ocorresse da mesma forma como ocorre atualmente.

Em síntese, podemos dizer que a partir das discussões que ocorreram sobre o caso histórico de Marie Curie, Maria explicitou reflexões relacionadas ao fato de a ciência ser apenas uma, entre diversas formas de produção de conhecimento; à subjetividade na ciência, em termos da influência das concepções prévias dos cientistas na interpretação de fenômenos; ao papel da validação pelos pares; à influência de interesses econômicos na ciência; e ao papel da comunicação entre os cientistas.

Conforme mencionado anteriormente, após a discussão do caso histórico sobre Marie Curie, os licenciandos responderam ao Questionário II. Tal questionário solicitava que eles respondessem sobre o modo como explicariam a um amigo o que é ciência (questão feita no Questionário I). Ao responder esta questão, Maria declarou que:

A ciência é uma área que se destina a estudar fenômenos ambientais, sociais, econômicos, culturais, dentre outros, a partir de teorias e métodos que são elaborados pelos que se dedicam ao estudo dessas áreas e por aqueles que se valem desses conhecimentos para desenvolver processos. O modo como os métodos são desenvolvidos está relacionado com os critérios que são definidos socialmente pela comunidade científica de cada área. Em suma, a ciência é uma construção humana que se vale de protocolos socialmente definidos para propiciar o entendimento de fenômenos – culturais, ambientais, econômicos dentre outros – a partir de teorias e modelos que podem ser elaborados a partir de experimentos, observações, cálculos e que são realizados ou obtidos seguindo esses protocolos, característicos de cada área.

Tal fala da licencianda indica que ela refletiu que os modos de produção da ciência são desenvolvidos e validados por uma comunidade e que, para cada área da ciência, existem procedimentos metodológicos adequados. Além disso, Maria mencionou outros fenômenos – além dos naturais – que podem ser objeto de estudo da ciência. Contudo, ainda que a licencianda tenha feito tais reflexões, ela se referiu aos experimentos, observações e cálculos como sendo os meios a partir dos quais teorias e modelos são elaborados na ciência.

Ao responder à segunda questão, Maria destacou características da ciência sobre as quais ela pôde refletir a partir das discussões que ocorreram na disciplina. Em suas palavras:

Há algumas práticas científicas que fazem parte do meu cotidiano, mas que eu nunca refleti sobre o porquê dessas práticas. Por exemplo, o fato das teorias passarem por uma “espécie de validação” pelos pares para evoluírem e “serem aceitas”. Na prática, nota-se essa “validação” quando um pesquisador procura reproduzir uma pesquisa com condições similares em outra parte do mundo. Eu sempre achei que “reproduzir” uma pesquisa já realizada era “perda de tempo”, que o correto seria aprofundar a discussão e a pesquisa acerca de um tema. Isto reflete a ideia de que as teorias vigentes substituem as ideias prévias. Outro aspecto que me chamou a atenção é o quanto a ciência não é isenta. O que se pesquisa, o que se dá crédito, o que é “bom ou ruim”, é delimitado pelo poder econômico, político, por questões de gênero dentre outros. Não são todas as vozes que são ouvidas, ainda que apresentem bons trabalhos e bons argumentos.

Assim, percebemos que as discussões realizadas na disciplina possibilitaram à licencianda refletir sobre o papel da validação pelos pares na ciência e sobre a influência de aspectos econômicos, políticos e de gênero na aceitação de afirmativas científicas. Sobre as relações entre gênero e ciência, a licencianda ainda destacou como o caso histórico sobre a cientista Marie Curie a fez refletir sobre este tema:

A trajetória de Marie Curie coloca em evidência o tema gênero e ciência. Permite identificar o espaço que é destinado “naturalmente” aos homens na ciência e o esforço sobrenatural de uma mulher que se atreveu a ocupar um espaço “que não lhe era de direito”. O fato de Marie Curie ser mulher tornou a trajetória dela como cientista muito mais árdua, uma vez que ela deveria “convencer” os detentores do saber, homens da comunidade científica, das teorias que ajudou a construir. Até conseguir ser aceita e vista como uma exceção entre as mulheres.

Dessa forma, percebemos que a licencianda refletiu sobre os obstáculos enfrentados por Marie Curie para convencer os pares da credibilidade de seu trabalho, o que indica a sua percepção de que valores social e culturalmente construídos também podem influenciar a produção do conhecimento científico.

5.2.4 Evento IV: Elaborando uma aula simulada

Para a elaboração da aula simulada, Maria se juntou à Bianca, Laura e Flávia. A licencianda iniciou a discussão contando para as colegas sobre um artigo que havia lido, o qual relatava que a Lei da Conservação das Massas não foi elaborada a partir da realização de um único experimento e não era uma ideia bem estabelecida como é atualmente. Ela também explicou que, antes de Lavoisier, outros cientistas tiveram ideias semelhantes, mas não conseguiram evidências experimentais que dessem respaldo a tais ideias, o que fez com que não fossem aceitas por alguns grupos de cientistas. Assim, Maria sugeriu que a aula

abordasse sobre os aspectos históricos relacionados ao desenvolvimento das ideias envolvidas na Lei da Conservação das Massas. Nesse sentido, ela declarou que:

Eu gostei muito dele [do tema] porque ... aquela parte de que não tem consenso e que essa ideia surgiu na verdade de um pensamento filosófico, dessa ideia de que as coisas têm que se conservar, que é uma transformação e que não é possível que aquilo sumiu... Por mais que pareça muito óbvio, quando você vai lendo o texto você vê como era difícil pensar nisso. Imagina naquela época com pouco recurso, como você vai pensar que em um processo a massa vai se conservar? Por que não poderia, por exemplo, ter uma multiplicação? Ter uma massa duas vezes maior, ou ter uma massa menor no final do processo? Essa ideia, pra (sic) quem não tem nada, não é uma coisa trivial como parece.

Assim, percebemos que a licencianda considerou sobre a possibilidade de se discutir sobre a influência das concepções prévias dos cientistas na proposição de teorias a partir do tema mencionado. Contudo, o grupo decidiu que não seria viável discutir o tema tendo em vista o tempo estipulado para a duração da aula. Sendo assim, Bianca sugeriu que a aula contemplasse sobre os aspectos históricos relacionados à síntese da amônia, como uma maneira de se discutir sobre o Princípio de Le Chatelier. Ao considerar sobre este tema, Maria declarou que:

Maria: *Só que eu acho que antes disso, a gente tinha que falar por que era tão importante produzir essa amônia. Por que o cara (sic) vai gastar a vida dele pra (sic) fazer um experimento? Pra (sic) quê? Qual era o objetivo? Então acho que seria legal se a gente explorasse essa parte do objetivo, porque já pega uma coisa que a gente aprendeu na disciplina: as ideias não surgem do nada. Tinha uma motivação para as pessoas pesquisarem isso.*

Bianca: *Explorar a motivação e o contexto histórico.*

Maria: *Próximo passo, o que seria? Acho que uma vez que a gente definiu o porquê eles estavam pesquisando isso, a gente pode começar a falar quem trabalhou com isso. Porque esses caras (sic) tiveram sucesso, mas outras pessoas devem ter pensado nisso. E aí a gente pode trabalhar também outra parte, que é a questão de que tem muita gente trabalhando. O cara (sic) ganhou o Nobel, mas tinha outras pessoas trabalhando.*

Dessa forma, percebemos que a licencianda considerou sobre aspectos como as motivações e o contexto que levam os cientistas a pesquisar sobre determinado assunto e sobre o trabalho colaborativo na ciência. Ela continuou:

Ah, você sabe o que eu acho que a gente pode fazer antes disso? Colocar assim... ele [Fritz Haber] estava trabalhando e quais foram as principais ideias que apareceram em relação a isso? Não é? Porque a partir daí a gente pode começar a explorar aquela questão de que a ciência não é consensual. Porque certamente quando eles propuseram isso, pode ser que outras pessoas não concordavam com eles.

Neste trecho, a licencianda considerou a possibilidade de se discutir sobre a não consensualidade na ciência, ao considerar que quando o cientista Fritz Haber se propôs a estudar sobre a síntese da amônia, poderia haver outros cientistas que possuíam ideias diferentes sobre o assunto.

Em um momento posterior da discussão, o grupo percebeu que o Princípio de Le Chatelier não é totalmente adequado para explicar a reação de síntese da amônia. Isso porque, de acordo com tal princípio, era esperado que esta reação ocorresse sob condições de altas pressões e baixas temperaturas. Contudo, após as leituras dos textos históricos relacionados ao trabalho de Fritz Haber, elas perceberam que o cientista propôs que a síntese da amônia deveria ocorrer em temperaturas relativamente altas e pressão moderada. Em outras palavras, a reação exigia que condições cinéticas e termodinâmicas fossem levadas em consideração. Entretanto, a importância de se considerar sobre os fatores cinéticos e termodinâmicos não foi algo que ficou claro para as licenciandas em um primeiro momento. Por este motivo, elas recorreram a um professor da universidade, o qual era especialista em Físico-Química, com o objetivo de esclarecer suas dúvidas em relação ao conteúdo químico que permeava o caso histórico em questão e, com ele, tiveram alguns encontros para discutir sobre o tema. Isto evidencia o engajamento das licenciandas não apenas em considerar os aspectos históricos relacionados à síntese da amônia, mas também os aspectos químicos envolvidos na temática. A partir desta discussão, Maria expressou outras ideias.

Maria: *Eu acho que apesar de a gente ter dificuldade de ver essa questão aí, da amônia, ela é muito legal para desconstruir... porque as pessoas têm uma ideia muito ingênua de equilíbrio químico. Acham que equilíbrio químico é Le Chatelier e que eu posso usar isso pra (sic) tudo. Então eu acho que isso quebra um pouco essa ideia, traz uma coisa mais crítica em relação à ciência, que eu acho que é o objetivo de se colocar esses aspectos históricos.*

Laura: *Mas eu só quero entender como a gente vai fazer para o aluno ver que não vai dar certo o Princípio de Le Chatelier...*

Bianca: *Por isso que eu precisava da história do Le Chatelier pra (sic) pensar o que ele pensou. Eu tinha que saber o que ele pensou pra (sic) construir o princípio. O que ele levou em consideração?*

Maria: *Mas aqui, a gente realmente precisa saber isso? O que ele pensou? Porque a nossa ideia não é usar o princípio como uma ferramenta para entender o contexto da síntese? Porque a gente já sabe que não vai dar certo. Mas por trás dos aspectos históricos tem a questão da amônia, do porquê era importante produzir amônia e quais foram os entraves para isso. Então de certa forma, essa ideia prévia [Princípio de Le Chatelier] foi um entrave para a produção de amônia.*

Neste momento, Maria considerou importante destacar as limitações do Princípio de Le Chatelier para explicar a reação de síntese da amônia como uma maneira de promover uma visão mais crítica sobre a ciência. Além disso, ela chamou a atenção para o fato de que as ideias prévias relacionadas ao Princípio de Le Chatelier se constituíram em um entrave para os cientistas da época, visto que os impediu de interpretar o fenômeno em questão sob uma perspectiva diferente. Em outro momento da discussão, a licencianda reiterou a importância de se abordar as limitações deste conceito:

E também tem essa ideia da ciência como verdade absoluta, algumas ideias como sendo as ideias que resolvem todos os problemas, como se as situações da natureza fossem simples de resolver.

Tal fala indica que a licencianda também considerava as limitações do Princípio de Le Chatelier como uma maneira de desmistificar a concepção de que conceitos científicos são uma verdade absoluta e que podem ser utilizados para explicar quaisquer fenômenos.

A aula simulada foi conduzida em um primeiro momento por Bianca e, em um segundo momento, por Maria. Logo no início, Bianca levantou alguns questionamentos com vistas a fomentar a discussão sobre a necessidade do uso de fertilizantes, tais como a amônia, para a produção de alimentos. Em seguida, ela apresentou a equação que representa a reação de síntese da amônia e questionou sobre quais condições de temperatura e pressão favoreceriam o deslocamento do equilíbrio químico no sentido da produção de amônia. Acreditamos que Bianca levantou tais questionamentos com o objetivo de que os 'estudantes'¹⁸ os respondessem de acordo com o que eles já conheciam sobre o Princípio de Le Chatelier. Contudo, ainda que a licencianda tenha feito tais questionamentos, ela não concedeu tempo aos 'estudantes' para que respondessem às suas perguntas. Assim, Bianca apresentou, de forma expositiva, quais condições de temperatura e pressão seriam esperadas para a reação de síntese da amônia.

Em seguida, Maria assumiu a condução da aula, mencionando que explicaria sobre como ocorreu o processo de síntese da amônia. Então, ela explicou sobre as inconsistências que poderiam ser encontradas ao utilizar o Princípio de Le Chatelier para explicar reações como a de síntese da amônia. Contudo, a licencianda não explicou como estas inconsistências se constituíram em um entrave para que Haber e Bosch conseguissem sintetizar a amônia em larga escala. Sendo assim, Maria focou apenas na abordagem de conteúdos químicos, sem explicitar os aspectos de NdC destacados por ela no momento da elaboração da aula. Por este motivo, não foram identificadas ideias sobre NdC expressas por

¹⁸ Lembrando que os próprios licenciandos eram os estudantes nesta ocasião, visto que se tratava de uma aula simulada.

ela naquele momento. Além disso, ela entrevistou em poucos momentos quando da discussão que ocorreu após a aula simulada, o que impossibilitou a identificação de informações relevantes.

5.2.5 Evento V: Entrevista

A pesquisadora iniciou a entrevista questionando sobre quais discussões sobre Ciência haviam sido marcantes para a licencianda. Maria então declarou que:

Maria: *Olha, pra (sic) mim o que foi muito marcante foi que eu descobri que eu tinha uma visão de ciência pouco consciente e ingênua. Porque eu acreditava no que estava nos livros. E quando a gente começa a ler outros materiais sobre um determinado assunto, uma determinada história, a gente pode chegar à conclusão de que aquele que é o protagonista da história muitas vezes é o coadjuvante, que simplesmente levou o nome por algum motivo. Mas eu acho que o pior não é descobrir que a pessoa não colaborou tanto, acho que o pior é descobrir que tinha tantas outras ideias envolvidas e que a gente não tomou conhecimento disso. Porque às vezes essas outras ideias foram fundamentais para chegar num consenso no futuro. E nos livros a gente não tem acesso a isso. A gente vê uma das visões e tem a impressão de que o cara (sic) foi um gênio porque ele teve aquela sacada (sic). Mas a sacada (sic) dele veio por causa de muitos outros trabalhos que estão relacionados com um determinado assunto.*

PQ: Então o que você considera que foi marcante pra (sic) você foi perceber essa visão ingênua que é passada nos livros... você percebeu que as coisas são mais complexas, que alguns cientistas que são protagonistas... nem sempre é o que aconteceu de verdade, que existiram outras pessoas trabalhando por trás...

Maria: *É, e a questão de que até mesmo para ser ouvido dentro da ciência você precisa ter mais que uma boa ideia, mais que um bom trabalho. A gente viu que a questão de gênero interfere também na divulgação da ciência, que a Marie teve dificuldade para ter a aceitação do trabalho dela, principalmente pelo fato de ela ser mulher. Porque se fosse um homem colocando as ideias que ela colocou, talvez ele tivesse menos empecilho do que ela. E não é só isso. Tem também a questão do poder econômico. Em algum momento da disciplina a gente discutiu que a gente dá tanto valor pra (sic) uma ciência, que na verdade é de poucos. Porque os países desenvolvidos têm mais recursos de pesquisa, mas eles também têm o domínio da informação, dos meios de divulgação. Então a gente viu também que isso interfere se um trabalho de repente vai ser publicado, mas é contrário aos interesses econômicos de uma indústria farmacêutica... eu não sei se esse trabalho vai ser publicado.*

As falas da licencianda indicam que as discussões ocorridas na disciplina possibilitaram a ela refletir sobre o modo simplista com que a HC é apresentada nos livros didáticos. Além disso, ela mencionou como os estereótipos de gênero podem influenciar na aceitação de afirmações científicas e como interesses econômicos podem influenciar na

publicação de artigos. Posteriormente, Maria explicitou reflexões que pôde fazer a partir do trabalho referente aos kits de casos históricos:

PQ: Teve alguma coisa, falando especificamente das histórias dos kits, que foi nova pra (sic) você? Que você não havia parado pra (sic) pensar?

Maria: *Nossa, eu não imaginava que o Newton tivesse uma autoestima tão baixa, como é colocado no texto. É claro que qualquer pessoa normal, vai ter momentos em que ela vai se sentir mais confiante e momentos em que ela vai se sentir um nada. Mas pela propaganda que se faz do Newton, pelo tanto que ele contribuiu pra (sic) ciência, eu só via o lado de um cara (sic) que era um gênio, que ficou olhando uma maçã cair e pensou numa lei da Física. Parece que o cara (sic) já sabia tudo que ia dar certo. E aí a gente pensa que uma pessoa dessa deve ser muito confiante, porque isso deve trazer um reconhecimento para a pessoa. Esse cara conseguiu fazer tantas coisas, conseguiu pensar em tantas coisas... como uma pessoa dessas tem uma autoestima tão baixa assim? Medo de expor suas ideias... eu nunca imaginei que ele fosse esse tipo de pessoa. E quando eu descobri que ele teve aquela briga com o Leibniz, que deu aquele desdobramento todo e que em algum momento ele usou a posição social dele para prejudicar o Leibniz... tudo bem que ele também não era santo, mas eu fiquei chocada com isso! Porque a gente tem a tendência de colocar essas pessoas que são grandes nomes da ciência como pessoas que são diferenciadas. Diferenciadas em vários sentidos. Não só pelas suas habilidades, mas que são sobrenaturais.*

PQ: Teve alguma outra coisa que foi marcante para você com essa história dos kits?

Maria: *Olha, eu fiquei chocada com a questão da antropóloga...*

PQ: A Mead.

Maria: *A Mead. Porque eu vi ali claramente que... tudo bem, o trabalho dela destacou um lado que se pensava o comportamento humano... tudo bem, ela 'puxou muita sardinha' para o lado dela. Mas ela estava numa situação que tinha uma corrente de pessoas que estavam classificando o comportamento humano como biológico e tentando usar a genética para selecionar pessoas. E eu fiquei muito chocada com isso, de pensar o quanto a ciência não é neutra, o quanto a ciência pode ser usada para outros fins e que pode inclusive levar a humanidade para o extermínio. Porque essas ideias sustentaram grupos que são racistas, grupos que são eugenistas, que classificam as pessoas pela cor da pele, pela religião. E a gente já vive em um mundo tão polarizado... se a ciência é usada para esse tipo de finalidade, isso me assusta muito. Eu nunca estudei Antropologia, então eu não tinha nem noção dessas ideias. E lendo esse texto eu vi o quanto algumas ideias podem ser perigosas.*

Assim, os casos históricos mencionados pela licencianda a fizeram refletir sobre o lado humano do cientista, que está sujeito a ter medo de receber críticas negativas. Além disso, Maria destacou sobre a não neutralidade da ciência ao mencionar o modo como Newton utilizou sua influência na *Royal Society* para tirar o crédito do trabalho de Leibniz.

A licencianda destacou também que o caso histórico relacionado à cientista Margareth Mead a fez refletir sobre como o conhecimento científico pode ser apropriado para atender aos objetivos de determinados grupos.

Posteriormente, a pesquisadora questionou sobre o processo de elaboração da aula simulada, atividade final da disciplina. Nesse sentido, Maria destacou os aspectos de NdC que pensou que poderiam ser abordados a partir do caso histórico escolhido pelo grupo para nortear a aula simulada:

PQ: Que aspectos sobre a ciência você acha que aquela história que vocês escolheram permitia discutir?

Maria: *A questão da não consensualidade. Porque a gente não conseguiu entrar em consenso nem dentro do grupo, nem com as ideias que a gente tinha que trabalhar ao longo da aula. Eu acho que isso foi marcante. Acho que a questão também da não neutralidade da ciência, porque a síntese da amônia chegou no ponto que chegou justamente porque não era questão de alimentos, era para fins bélicos. Então mostra o lado de que a ciência se desenvolve às vezes para atender objetivos que são ruins. É claro que hoje isso é um benefício, produzir a amônia, em termos de produção de alimentos. Mas inicialmente não era a ideia. Então desmistifica essa coisa de que a ciência é do bem. Eu acho que a ciência é pra (sic) quem paga mais e pra (sic) uma necessidade que se coloca ali em determinado momento.*

PQ: Então vocês pensaram em alguns aspectos para serem discutidos com a aula de vocês. Por que você acha que é importante discutir isso com alunos da Educação Básica?

Maria: *Primeiro pra eles verem que quando um cientista se destaca por uma coisa, tem muita gente por trás disso e tem muitos discursos... que a ideia dele às vezes foi aperfeiçoada com base nas controvérsias que surgiram, os discursos que não foram tão desfavoráveis ao dele. E isso mostra pro aluno que as ideias não surgem, nem se desenvolvem do nada. Que isso é colocado e não é aceito pela comunidade científica de cara (sic). As pessoas vão testar uma nova ideia, uma nova teoria e vão aparecer pessoas que não concordam com isso, que vão apresentar outro ponto de vista. E esses pontos de vista é que vão dar origem a alguma coisa, ou não. Mas essa coisa de ter uma ideia que parece ser predominante e as outras não aparecem, reforça aquela ideia de que um cientista é um gênio, e não é. E reforça a ideia de que assim, apareceu, é um clique, e a pessoa pensou naquilo. E na verdade, é na adversidade que a gente cresce. Então acho que isso é muito bom até nesse sentido, para o aluno perceber o seguinte 'olha, espera aí! O professor falou isso, mas será que...'... ele se sente mais à vontade para colocar seu ponto de vista à medida que os assuntos vão sendo trabalhados. E às vezes o outro ponto de vista que o aluno coloca, o professor às vezes não pensou por aquele lado, mas consegue explorar outras coisas em cima daquela fala do aluno. Acho que ele se sente convidado a questionar o que está sendo ensinado quando você apresenta a ciência com vários pontos de vista em torno de um determinado tema.*

Neste diálogo, a licencianda conseguiu identificar aspectos de NdC a partir do caso histórico sobre a síntese da amônia e, além disso, conseguiu vislumbrar a importância de se discutir tais aspectos com estudantes da Educação Básica. Para ela, compreender sobre a não consensualidade e a não neutralidade da ciência pode contribuir para desmistificar a visão que os estudantes podem apresentar de que os cientistas são gênios e de que a ciência é inquestionável.

Após ter destacado os aspectos de NdC sobre os quais refletiu em diferentes momentos da disciplina, Maria explicou sobre como estes aspectos influenciam seu posicionamento sobre tópicos controversos da ciência:

PQ: Outra coisa que eu queria te perguntar também. Ao longo da entrevista você me falou várias coisas que você não havia parado pra (sic) pensar sobre a ciência, mas que você passou a pensar depois dessas discussões que a gente teve na disciplina. Atualmente tem vários assuntos que aparecem na televisão, no jornal, sobre controvérsias da ciência que existem atualmente... em que grupos de cientistas estão debatendo entre si, falando sobre informações que muitas vezes se contradizem. E aí eu queria te perguntar, como você acha, ou se tem alguns aspectos desses que você citou, que você utilizaria ou que você utiliza para se posicionar sobre essas questões controversas que existem atualmente... se essas características da História da Ciência, ou da própria Ciência, te ajudam a se posicionar sobre essas questões controversas.

Maria: *Há algumas semanas eu encontrei um ex-professor meu e a gente estava discutindo a questão do efeito estufa. Ele acha que o efeito estufa não existe. Ele acha que o homem é capaz de influenciar no microclima, mas não no macroclima. E ele disse que foi para os Estados Unidos, para o Canadá, e que ele encontrou um monte de climatologistas lá, e que esse pessoal mostrou essas ideias pra (sic) ele, e ele se sentiu convencido de que o efeito estufa não existe. Mesmo assim, eu não concordo com ele. Eu penso que quando isso é veiculado na mídia, as pessoas que não têm tanta vivência com ciência, as pessoas comuns... não é questão de preconceito, é só que não é o ambiente delas mesmo... elas têm a tendência de acreditar no que é mais convincente. Porque de modo geral, as pessoas não se aprofundam numa determinada informação. Elas pegam ali uma ideia superficial e ficam com aquilo na cabeça. Então eu já acho que esse tipo de discussão em jornal, em revista... se a pessoa não se aprofundar, é mais uma desinformação que uma informação. Porque eu acho que a ideia é essa. Se a gente se interessa por algum assunto que viu no jornal ou algo assim, a gente procura aprofundar naquilo. Mas considerando que a pessoa se aprofunde, que ela não fique ali naquela opinião superficial, eu fico pensando principalmente nos fatores econômicos e políticos que estão por trás do posicionamento de um determinado cientista. Porque, por exemplo, a questão do efeito estufa. Eles pegam um cientista pra (sic) dizer que o efeito estufa não existe. Eu vou procurar saber quem é que está financiando o trabalho desse cientista! Se é, por exemplo, uma empresa*

da área de petróleo, de gás... porque sinceramente, se o cara (sic) defende que o efeito estufa não existe, mas o trabalho dele está sendo financiado por empresas que estão aumentando a emissão de gases estufa, eu vou ficar muito desconfiada da informação que ele está dando!

PQ: Então você está dizendo que quando você se depara com uma situação que é controversa, que existem dois posicionamentos sobre ela, que uma das coisas que você pesa antes de se posicionar é a questão de quem está financiando as pesquisas...

Maria: *E os interesses... o que pode estar por trás desses argumentos, o que está além da ciência... como a questão política, econômica.*

Após enfatizar que, ao se deparar com questões controversas da ciência, ela levaria em consideração os interesses econômicos que podem existir por parte dos financiadores de uma pesquisa, Maria destacou outro aspecto:

PQ: Teria alguma outra coisa em que você pensa quando aparecem estas questões controversas?

Maria: *Tem também aquela questão de que hoje em dia as pessoas não pesquisam o que elas querem... elas pesquisam o que os órgãos de pesquisa estão dispostos a financiar também. É muito difícil você ver um pesquisador... 'ah, eu vou fazer isso aqui agora!'... e conseguir alguém para injetar milhões numa pesquisa que ele está a fim de fazer. Hoje as pesquisas são muito seletivas. Os órgãos de fomento definem um determinado tema que as pessoas vão pesquisar... quem estiver disposto a pesquisar é quem vai submeter os projetos para o financiamento. Então as pesquisas hoje não são simplesmente uma coisa que sai da cabeça do pesquisador.*

Além dos interesses econômicos que podem existir por parte dos órgãos de fomento, Maria também considerou sobre como estes órgãos podem definir sobre quais questões serão pesquisadas pelos cientistas. Em seguida, a pesquisadora questionou se a HC ajuda a compreender o modo como a ciência é produzida hoje. Ao responder, Maria declarou que:

Eu acho que não só pra (sic) entender como a ciência é, mas também entender qual é o meu papel dentro disso, sabe? Nessa engrenagem toda... eu já até cheguei a comentar isso em sala, mas eu acho que muitas pessoas... principalmente aqui, que é um laboratório que atrai aluno de mestrado, doutorado, iniciação... que vai para a área de pesquisa de bancada... eu noto que a gente faz ciência de uma maneira muito inconsciente. Porque eu vejo algumas cobranças que se tem em cima do aluno e ele vai reproduzindo essas cobranças... até mesmo quando vira professor, vai fazendo a mesma coisa..., mas acho que perde um pouco do que é esse negócio de fazer ciência. Por que eu tenho que fazer pesquisa? Por que eu tenho que publicar um resultado? Qual é a finalidade disso? Por que eu tenho que procurar uma revista que é boa? Qual é o objetivo disso? Eu acho que as pessoas fazem as coisas de forma muito intuitiva, sabe? Sem muita consciência. E se elas tivessem consciência do que é ciência, do que envolve fazer ciência, a gente poderia estar fazendo trabalhos mais significativos.

Na percepção da licencianda, a HC contribuiu para que ela refletisse sobre os objetivos de determinadas práticas científicas como, por exemplo, as publicações. Além disso, Maria destacou que a HC a fez refletir sobre outros aspectos:

PQ: Que aspectos da história você ainda acha que a gente verifica na ciência hoje?

Maria: *Aspectos da história?*

PQ: Porque assim, ao longo da disciplina a gente viu vários casos históricos de cientistas... a gente viu muitas coisas que eram específicas daquele contexto histórico. Você acha que existem alguns aspectos que são visíveis na ciência ainda hoje?

Maria: *Eu acho que na época da Guerra Fria, quando teve essa polarização Estados Unidos e Rússia, a ciência também ficou muito polarizada nesse sentido. Por incrível que pareça, eu acho que agora, com esses governos mais conservadores, com umas ideias às vezes um pouco extremadas (sic), tipo Trump, Macri e outros que estão surgindo por aí e colocando essas coisas na mesa de novo... essa polarização do que é capitalismo, do que é socialismo e eu acho que isso interfere na ciência sim. Porque eu vejo esses discursos no meio acadêmico, sabe? De menosprezar um sistema em relação a outro. Alguns professores que vão em outros países, vão em Cuba, em países mais subdesenvolvidos, eles colocam isso pra (sic) gente de 'ah, o sistema socialista é falido!'... e de certa forma, ajuda a propagar uma ideia muito equivocada do que é isso, do que são esses sistemas econômicos. Porque na verdade, eu acho que o socialismo puro não é bem isso que a gente vê por aí. Mas esse capitalismo também não é uma coisa boa... e eu vejo as pessoas sendo tendenciosas para um determinado lado, sabe? E usam a ciência para reforçar essas ideias equivocadas em relação a esses sistemas de desenvolvimento econômico. E eu acho que isso influencia a ciência sim.*

PQ: Mas como você acha que a visão que um cientista tem sobre determinado sistema econômico impacta na forma como ele faz ciência?

Maria: *Porque olha só, eu acho que um dos pressupostos do capitalismo é o lucro, não é? É você ter lucro em cima de alguma coisa. E isso de certa forma, vai interferir no que o cientista vai investir do tempo dele. Às vezes ele pode fazer uma pesquisa que vai trazer um benefício pra (sic) uma comunidade local ali, mas que não vai ser tão rentável economicamente pra (sic) ele. Então se ele estiver muito orientado nesse sentido, do lucro, de ter uma pesquisa pra (sic) ter uma patente, pra gerar um recurso... que é importante também, não acho que não seja... mas se os seus objetos de pesquisa são guiados unicamente por isso, é uma maneira de o sistema econômico interferir na ciência na minha concepção.*

Neste diálogo, Maria explicitou claramente que interesses econômicos – sejam por parte dos órgãos de fomento, ou devido ao próprio sistema econômico no qual o cientista está inserido – influenciam a produção do conhecimento científico. Nesse sentido, a

necessidade de buscar o lucro decorrente de um sistema econômico pode influenciar quais questões serão pesquisadas pelos cientistas. A reflexão explicitada pela licencianda se difere significativamente de sua resposta à questão 16 do Questionário I, na qual ela havia declarado que, embora aspectos sociais, econômicos e culturais possam influenciar a ciência, eles não são preponderantes na escolha do objeto de pesquisa. Em seguida, Maria mencionou um exemplo de como os aspectos econômicos podem ser identificados em questões controversas da ciência como, por exemplo, o desmatamento de áreas de preservação ambiental para a exploração de minério:

PQ: Então voltando naquela pergunta que eu te fiz antes, sobre como você lida com questões controversas na ciência, essa questão das motivações do cientista pesa para você se posicionar?

Maria: *Com certeza! E isso é muito legal porque... o meu sogro, ele não tem tanta instrução assim. Mas uma vez ele foi em uma audiência pública que era na Serra do Cipó, porque uma empresa queria destruir parte da serra pra fazer uma tubulação pro (sic) minério ir passando... Aí disseram que não ia ter problema nenhum, chamaram um cientista, um geólogo muito renomado, para convencer as pessoas que estavam naquela audiência pública de que não ia trazer problema nenhum. Aí meu sogro levantou a mão e questionou alguma coisa que ele estava falando. Porque para ele era muito claro que iria trazer um prejuízo sim, sabe? Em termos de nascentes e tudo mais... e aí o geólogo deu uma engasgada, sabe? Ele tentou reformular a resposta, mas deu aquela volta toda e não respondeu nada. Mas se tivessem mais alguns ali levantando alguns pontos, poderia ter feito até ele ser desacreditado em relação ao que ele estava dizendo. É muita ingenuidade pensar que uma empresa que está querendo destruir a serra toda vai chamar um geólogo imparcial para tentar convencer as pessoas. O ideal seria que tivessem vários geólogos, não só da empresa, mas de outros lugares na audiência pública pra (sic) discutir o assunto. Não só geólogos, mas acho que precisaria de mais gente pra (sic) isso. Então essa é uma questão que a gente pensa.*

Por fim, ao final da entrevista, a pesquisadora questionou como a licencianda explicaria para um amigo o que é ciência (questionamento feito ao início e durante a disciplina). Maria então declarou que:

Essa pergunta continua sendo muito difícil de responder. Mas a questão é que a ciência, seja na área de exatas ou humanas, ela tem um rito que é característico dela. A maneira como os objetos são pesquisados, os temas são pesquisados, a maneira com que esses temas são comunicados na comunidade científica, de cada tipo de ciência, seja humana, seja exata... Então eu acho que a ciência não é um conhecimento que pode ser obtido e comunicado de qualquer forma. Tem uma lógica nessa comunicação pra (sic) esse conhecimento ser considerado aceitável ou uma coisa que se pode discutir, ele não pode ser obtido de qualquer forma. Das ciências exatas, que é a área que eu convivo, principalmente na área de Química, da experimentação, que é um dos recursos que se usa, não só a experimentação, mas outras ferramentas, como a criação de modelos, são

importantes para poder verificar se uma ideia, um conceito, realmente vale a pena ser discutido, ser explorado.

A partir das reflexões explicitadas pela licencianda na entrevista, identificamos que os casos históricos contribuíram para que ela refletisse sobre: a influência de aspectos culturais (por exemplo, estereótipos de gênero) e econômicos na ciência; a não neutralidade e a inexistência de consenso na ciência; e o papel da subjetividade do cientista na análise dos dados. Além disso, a licencianda destacou que, ao se posicionar sobre tópicos controversos da ciência, ela levaria em consideração a influência de interesses econômicos por parte dos órgãos financiadores de pesquisa.

6 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentamos ao leitor nossa análise e discussão dos dados. Por meio das metodologias explicitadas no Capítulo 4, sessão 4.3, elaboramos um gráfico (Gráfico 6.1) para nortear nossas discussões neste capítulo. Este gráfico foi elaborado com o objetivo de apresentar ao leitor um panorama das discussões sobre NdC que ocorreram ao longo dos eventos II, III, IV e V, relacionados às atividades da disciplina IHQE. Ao fazer isto, desejávamos, a partir da interpretação do mesmo, compreender como determinados elementos presentes nos casos históricos abordados favoreceram reflexões sobre NdC por parte dos licenciandos. Uma vez que nosso objetivo é compreender como a HC – analisada sob a perspectiva da ciência em construção – pode contribuir para fomentar reflexões sobre NdC, julgamos pertinente iniciar este capítulo com esta discussão.

6.1 História da Ciência em construção e as reflexões sobre Natureza da Ciência

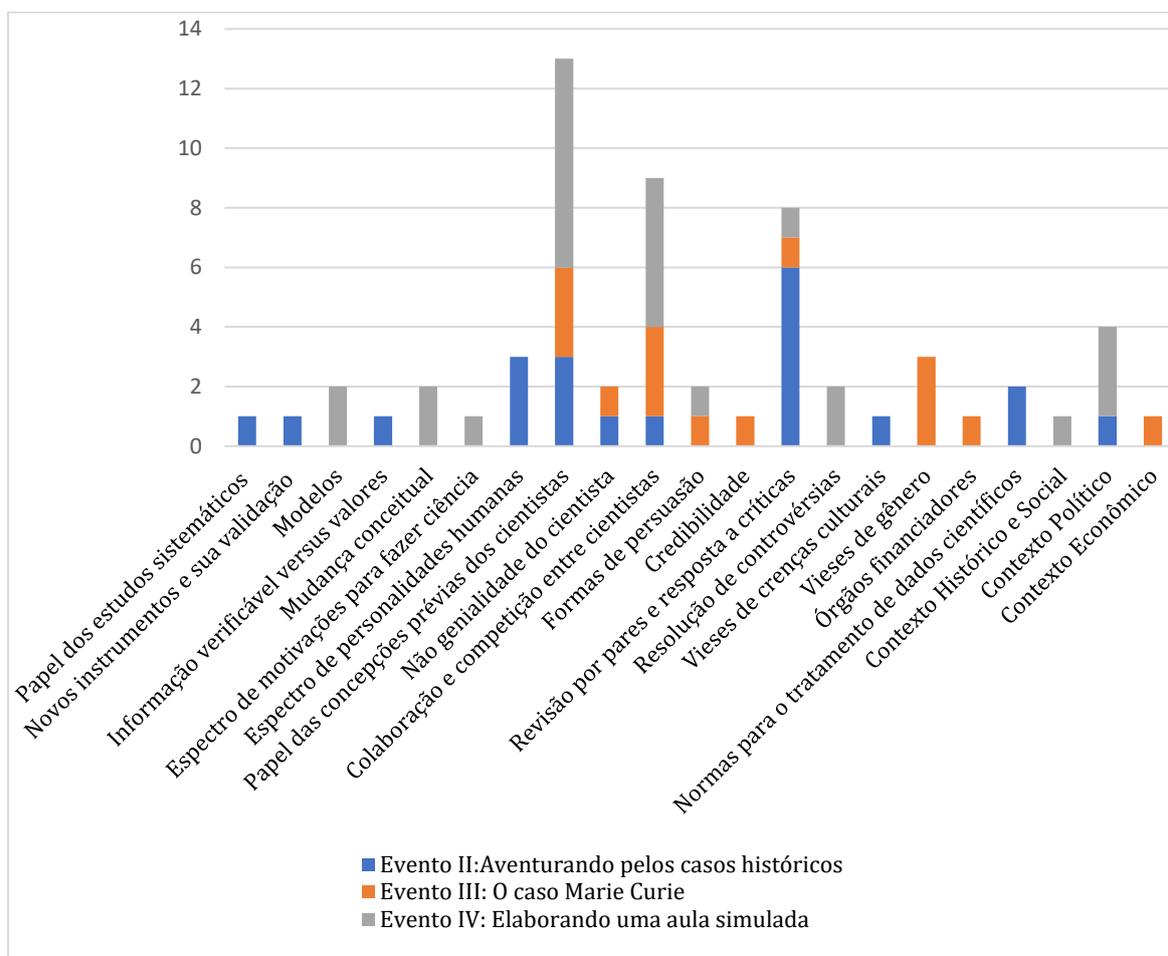
Para iniciar nossa discussão, apresentamos o Gráfico 6.1, visando demonstrar as subcategorias contempladas no inventário das DCC que foram identificadas nas reflexões explicitadas pelas licenciandas Diana e Maria nos eventos II, III e IV¹⁹. Embora o gráfico contenha informações sobre a frequência com que determinadas reflexões foram identificadas, nosso objetivo não é contabilizar quantas vezes cada reflexão ocorreu, e sim evidenciar quais discussões sobre NdC foram marcantes nos eventos analisados. Dessa forma, buscamos compreender como determinados elementos presentes nos casos históricos abordados favoreceram reflexões sobre NdC.

Ao realizar uma análise geral do gráfico, identificamos que algumas das reflexões sobre NdC explicitadas pelas licenciandas são coerentes com o que se espera discutir a partir da HC. De acordo com Allchin *et. al.* (2014), os casos históricos podem favorecer reflexões sobre: o papel das críticas e das controvérsias na ciência, o trabalho colaborativo entre cientistas, financiamento, credibilidade, conflitos de interesse, influência do *background* teórico do cientista na interpretação de dados, o contexto cultural que permeia a produção de conhecimento e as tentativas e erros que ocorrem na ciência. No contexto destes aspectos, observamos que o papel das concepções prévias dos cientistas, a colaboração e a competição entre cientistas, a revisão por pares e as respostas a críticas foram frequentemente identificados nas falas das licenciandas ao longo da disciplina. Além

¹⁹ Os dados do evento V, entrevista individual, são discutidos posteriormente.

dos possíveis aspectos de NdC que se espera discutir a partir de casos históricos, outro aspecto de NdC identificado com frequência envolveu as relações de gênero que existem na ciência. A partir desta análise mais geral, discutimos nas próximas sessões como a HC, analisada sob a perspectiva da ciência em construção, favoreceu reflexões sobre um amplo espectro de aspectos de NdC.

Gráfico 6.1: Natureza x frequência das reflexões sobre NdC explicitadas em cada evento.



6.1.1 Os kits de casos históricos

A partir do gráfico, percebemos que as reflexões relacionadas à revisão por pares e resposta a críticas foi um aspecto de NdC marcante no evento II, referente às discussões que ocorreram a partir do kit de casos históricos ‘Controvérsias’, que contemplava as controvérsias que ocorreram entre Isaac Newton e Gottfried Leibniz e entre Margareth Mead e Derek Freeman. A controvérsia histórica entre Derek Freeman e Margareth Mead favoreceu a reflexão, por parte de Diana, de que questionar determinadas afirmativas científicas é algo intrínseco às práticas científicas. Além disso, ela salientou a importância de o cientista ter a chance de contra argumentar quando críticas são feitas ao seu trabalho. Tal reflexão foi expressa ao se discutir sobre o fato de Freeman ter criticado o trabalho de

Mead somente após sua morte, o que impossibilitou a contra argumentação da cientista. Nas palavras de Diana:

Eu acho que hoje tem muito mais espaço para criticar um trabalho como esse. Hoje a gente tem muito mais condições de apresentar um contraponto, apresentar trabalhos que pelo menos vão fazer o público que está vendo um trabalho como esse questionar: 'será que isso é verdade ou não?'... Coisa que naquela época, igual aconteceu com a Margareth, ela não teve essa chance. Para ela foi muito mais difícil...

Ainda sobre o papel das críticas na ciência, Maria destacou que:

O Freeman também foi importante. Porque de certa forma, no livro foram feitas generalizações sem o devido cuidado. Embora a obra tenha uma importância que é inquestionável, a autora fez generalizações sem o devido cuidado. Em relação ao comportamento humano, fazer generalizações é uma coisa um pouco delicada. Então as críticas dele chamaram a atenção para isso. Nesse caso foi o que ele fez de positivo, essa luta que ele teve de anos criticando o trabalho que foi feito.

A fala de Maria indica sua percepção sobre o papel das críticas no contexto do caso histórico analisado, em que a cientista Mead fez generalizações pouco cautelosas tendo em vista as especificidades da pesquisa que ela conduziu. Assim, percebemos que ao analisar o caso histórico mencionado de modo a compreender como se originou e se desenvolveu o embate entre os cientistas Derek Freeman e Margareth Mead, as licenciandas se atentaram para a importância da revisão pelos pares e das críticas para o desenvolvimento da ciência. Acreditamos que, por se tratar de um caso histórico que envolvia uma controvérsia, tal elemento favoreceu o surgimento destas reflexões.

Outro aspecto de NdC identificado com frequência no evento II foi o espectro de personalidades humanas dos cientistas. Este aspecto foi identificado especialmente nas falas de Maria, quando ela mencionou o medo de receber críticas e a insegurança de Isaac Newton:

Agora, o Newton não publicava os trabalhos dele porque ele tinha muito receio das críticas negativas. E isso mostra o lado humano dele... porque todo mundo tem certo receio de receber uma crítica negativa. Só que o receio dele era demasiado.

Tal fala da licencianda se referia à controvérsia histórica entre Newton e Leibniz, que também compunha o kit de casos históricos. Em tal controvérsia, foi apresentada a informação de que Isaac Newton não publicou seus trabalhos relacionados ao Cálculo Diferencial logo após a sua elaboração, pois o cientista possuía muito medo de receber críticas negativas. Tal elemento do caso histórico levou Maria a se atentar para o lado humano dos cientistas, para o fato de que eles podem apresentar certas inseguranças como

traços de sua personalidade. Em outro momento, a licencianda também salientou outro aspecto da personalidade do cientista:

Bom, e aí o Newton se vingou do Leibniz. Isso mostra um outro lado, de que a ciência não é tão neutra quanto os livros colocam.

Esta fala se referia ao fato de Isaac Newton ter se aproveitado de sua influência e prestígio na Royal Society para reivindicar a autoria do Cálculo Diferencial e, assim, fazer com que Gottfried Leibniz perdesse a credibilidade diante da comunidade científica. Em relação a esta informação presente no caso histórico, Maria não apenas se atentou para algo que era intrínseco à personalidade do cientista, mas também para o fato de que a ciência não é neutra. Entendemos que isto mostra que compreender sobre o espectro de personalidades dos cientistas pode favorecer um olhar crítico sobre a ciência.

No evento II, também foram identificadas reflexões relacionadas às normas para o tratamento de dados científicos. Tais reflexões surgiram a partir da controvérsia entre Mead e Freeman. Nesta, Mead utilizou uma metodologia diferente – a etnografia – como uma maneira de compreender sobre os fenômenos que analisava, ao invés de utilizar metodologias quantitativas ou de cunho experimental (que eram frequentemente utilizadas pelos cientistas da época). Tais elementos do caso histórico favoreceram reflexões da parte de Diana sobre as especificidades das metodologias utilizadas em cada área da ciência, conforme identificado neste trecho:

Eu acho que era como se fazia ciência naquela época. Eles achavam que tinha que ter um fato concreto, uma análise, observar... e ali dentro do texto, ela [Margareth Mead] fala uma coisa que eu achei até muito interessante... o objeto de estudo dela é subjetivo, é alterado, é mutável [...] eles tinham essas duas linhas, ela queria provar. Mas eles queriam provar continuando pelo mesmo processo, pelo processo que era conhecido de observação de um experimento, de observação de alguma coisa. E ela veio justamente fazer esse contraponto. Falar 'tem como você observar o comportamento sem fazer esse tipo de análise'.

Esta reflexão também está relacionada ao surgimento de novos instrumentos e à validação destes na ciência.

Os casos históricos que constituíam os kits também favoreceram reflexões relacionadas ao papel das concepções prévias dos cientistas na análise e interpretação de dados. Tais reflexões surgiram, especialmente, quando das discussões sobre a teoria da eugenia, elemento presente na controvérsia histórica entre Mead e Freeman. Este aspecto de NdC foi explicitado de duas maneiras. Primeiramente, Maria ressaltou sobre a influência do *background* teórico dos cientistas e do contexto científico da época na elaboração de teorias como, por exemplo, a eugenia:

Eu acho que... primeiro, na época se pensava que a Genética influenciava o comportamento, haviam várias pesquisas na área de Biologia... o Mendel estava em evidência, ele veio com essa ideia de Genética, a ideia de que a cor dos olhos pode ser influenciada pelos genes, o cabelo, a cor da pele... então isso influenciou os antropólogos em relação ao comportamento. Será que a Genética também pode influenciar o comportamento? Eu acho que é uma questão relevante de se pensar também... por que não pensar que a Genética pode influenciar o comportamento?

Posteriormente, Diana também explicitou que as interpretações e as conclusões dos cientistas são influenciadas por suas concepções:

Eu acho que entra no que a gente mencionou também sobre interpretação de resultados. Porque se ele é um pesquisador, ele vai usar um determinado método para fazer essa análise. Ele não vai tirar essas conclusões do nada. E essas interpretações que ele está tirando... não pode ser como o que aconteceu com os cientistas do século XVII, XVIII, XIX, em que eles enxergavam algo, eles acreditavam naquilo, e interpretavam os resultados daquele jeito? [...] Os cientistas hoje continuam enxergando, analisando, interpretando os resultados de acordo com aquilo que eles acreditam.

Ressaltamos que as reflexões relacionadas ao papel das concepções dos cientistas na interpretação dos dados foram possibilitadas pela natureza do caso histórico que estava sendo discutido e também devido à intervenção da pesquisadora neste momento da aula. Isso porque tais reflexões surgiram como resposta a alguns questionamentos feitos pela pesquisadora (por exemplo, se haveria relação entre a aceitação da eugenia pela comunidade científica e o papel das concepções prévias dos cientistas na interpretação de fenômenos), com o objetivo de que os licenciandos refletissem sobre este aspecto de NdC.

O fato de a controvérsia histórica entre Mead e Freeman trazer informações sobre o surgimento e o desenvolvimento da teoria eugenista também possibilitou reflexões sobre a influência da ciência no contexto político. Nesse sentido, Maria salientou sobre o modo como determinados grupos se apropriariam de discursos da ciência visando atingir interesses relacionados à dominação política:

Porque você vê que essa ideia acabou dando subsídio para o Nazismo, por exemplo, para o Fascismo... Então, pessoas que estavam interessadas em ter uma posição de poder político, usaram ideias científicas para ações absurdas. Então eu acredito que essa questão da Genética ganhou mais visibilidade porque tinha grupos interessados nesse tipo de ideia, pra (sic) justificar ações.

A controvérsia histórica entre Mead e Freeman também favoreceu outra importante discussão sobre a importância dos estudos sistemáticos para que uma afirmação científica possua credibilidade. Tal aspecto de NdC emergiu a partir das discussões sobre as críticas que Freeman fez ao trabalho de Mead. Isso porque o caso histórico mencionava a informação de que Freeman ganhou visibilidade lançando livros que tinham por objetivo

fazer com que as teorias elaboradas por Mead fossem desacreditadas. A partir desta informação, Maria destacou que:

Ele [Derek Freeman] não fez trabalho nenhum. Ele não fez uma pesquisa... ele simplesmente pegou o trabalho feito pela Margareth e criticou. [...] Porque a vida inteira ele fez só criticar o trabalho dela. Ele publicou vários livros criticando o trabalho dela, foi só isso o que ele fez. Se ele tivesse feito uma pesquisa, com critério, pra (sic) poder questionar o trabalho dela era uma coisa...

Tal aspecto do caso histórico mencionado favoreceu a reflexão da licencianda sobre a importância de se realizar estudos sistemáticos que deem respaldo à crítica que se pretende fazer. Embora a licencianda não tenha deixado explícito, sua fala indica que ela considerou o papel das evidências quando uma afirmação científica é feita. Em sua fala, ela deixa claro que, enquanto cientista, Freeman falhou ao criticar o trabalho de Mead sem ter elementos consistentes que dessem suporte a tais críticas.

O caso histórico envolvendo a controvérsia entre Isaac Newton e Gottfried Leibniz também favoreceu reflexões sobre o trabalho colaborativo na ciência. Nesse sentido, ao trazer a informação de que Newton e Leibniz se basearam nos trabalhos de outros cientistas para o desenvolvimento do Cálculo Diferencial, o caso histórico possibilitou a reflexão de Maria não apenas sobre a importância do trabalho colaborativo na ciência, mas também sobre o papel do *background* teórico dos cientistas e sobre o fato de o cientista não ser genial. Nas palavras da licencianda:

Então quer dizer, essa questão das ideias prévias, quando elas são abordadas em um texto que pretende fazer uma abordagem histórica, elas ajudam a desconstruir a ideia de que o cientista é uma pessoa genial, que é uma pessoa que olhou e teve uma ideia. Na verdade, é claro que alguns cientistas têm um diferencial... o Newton eu considero que é um cientista que tem um diferencial, é um cientista que conseguiu enxergar coisas importantes, mas não foi sozinho! Ele se baseou em vários trabalhos. Quando a gente mostra essa questão dos trabalhos prévios, isso mostra uma visão mais verdadeira de ciência. Que a ciência é um trabalho coletivo também, não é uma coisa individual.

Considerando os elementos das duas controvérsias históricas mencionadas e o que foi dito pelas licenciandas a partir das mesmas, percebemos o potencial de se utilizar casos históricos envolvendo controvérsias como uma maneira de se discutir sobre aspectos de NdC como, por exemplo, o papel da revisão por pares e das críticas na ciência. As reflexões relacionadas a este aspecto de NdC podem fomentar a percepção de que a ciência não é consensual e, justamente por isso, é passível de ser questionada. Considerando a perspectiva de um ensino *funcional* de NdC, é de grande importância que os futuros professores tenham consciência de que as controvérsias existiram (e ainda existem) na ciência. Tendo consciência de que elas existem, é importante, ainda, possuir outros

conhecimentos de NdC que lhes auxiliem a se posicionar sobre estas controvérsias. Nesse sentido, destacamos o potencial dos casos históricos analisados para fomentar reflexões sobre as normas para o tratamento de dados científicos, o papel dos estudos sistemáticos, o papel das concepções prévias dos cientistas e a influência de crenças culturais no processo de produção do conhecimento científico. Isso porque compreender sobre estes aspectos auxilia na compreensão de como se dá o processo de construção de uma afirmativa científica o que, por sua vez, auxilia na avaliação da confiabilidade da mesma (ALLCHIN, 2013). Por exemplo, ressaltar que Freeman deveria ter conduzido uma pesquisa para ter embasamento para criticar o trabalho de Mead indica a percepção (da parte de Maria) de que uma afirmativa científica deve ter o suporte de um estudo sistemático. De maneira similar, Diana também demonstra ter uma visão crítica sobre o modo como as teorias são elaboradas na ciência ao mencionar que estas podem ser influenciadas pelas concepções prévias dos cientistas. Assim, percebemos que, ao serem analisados sob a perspectiva da ciência em construção, os casos históricos possibilitaram a compreensão de determinados aspectos de NdC que são importantes para se entender as controvérsias que existem (ainda hoje) na ciência.

6.1.2 O caso Marie Curie

No evento III, referente à abordagem de um caso histórico sobre Marie Curie, foram identificadas reflexões sobre o papel das concepções prévias dos cientistas. Um dos elementos presentes no caso histórico que favoreceu esta reflexão foi a informação sobre o modo como Becquerel interpretou os resultados de um experimento realizado por ele. Ao perceber que a petchblenda era capaz de revelar chapas fotográficas mesmo na ausência de luz, o cientista denominou o fenômeno por ele observado de hiperfosforescência. Para ele, o que ocorreu com o mineral era algo parecido com a fosforescência, fenômeno que ele e o pai já estudavam há bastante tempo. A partir desta informação, Maria declarou que:

Ele já estudava esses fenômenos, não é? Então eu acho que o contexto em que ele trabalhava levou ele (sic) a pensar que era hiperfosforescência. E se ele conseguiu revelar uma imagem, e ficou exposto ao sol, não é? Eu acho que se eu estivesse trabalhando com isso eu iria pensar que se a fosforescência é uma transição eletrônica que, na hora que (o elétron) retorna ao estado fundamental, passa por vários estados intermediários... por que não pensar na hiperfosforescência, em que ele teria um elemento que iria passar por mais estados intermediários e então iria fazer emitir essa energia mais devagar e por mais tempo? Eu acho que pelo que ele estava estudando, era bem intuitivo pensar assim.

A partir desta fala, percebemos que tal elemento do caso histórico possibilitou a reflexão sobre como o *background* teórico dos cientistas pode influenciar o modo como eles interpretam e propõem explicações para os fenômenos. Em outro momento, foi possível

identificar que Maria expressou uma reflexão relacionada ao papel das concepções prévias dos cientistas, mas com uma perspectiva diferente:

Agora, uma coisa que eu acho interessante é que... o que eu acho que atrasou ela (Marie Curie) chegar na conclusão que ela chegou é que ela tinha um conceito muito bem estabelecido da época, de ciências, daquela pesquisa que ela estava fazendo. Então ela estava com o olhar condicionado. E pra (sic) ela pensar diferente, ela tinha que romper com muitos conceitos que já estavam bem estabelecidos.

Aqui, a licencianda não apenas se referiu à influência das concepções prévias dos cientistas nas análises de dados, mas também explicou o modo como isto pode se constituir em um entrave para que fosse apresentada uma perspectiva diferente para interpretar um fenômeno. Tal reflexão surgiu a partir de um dos trechos do filme *Madame Curie*, o qual apresenta o modo como a cientista precisou rever, juntamente com Pierre Curie, o experimento feito por ela para compreender as inconsistências que haviam sido observadas. Ao medir a quantidade de radiação emitida pela pechblenda, Marie observou que a quantidade de radiação observada era muito maior do que a quantidade de radiação esperada. Isso porque, até aquele momento, acreditava-se que o único elemento radioativo presente no mineral era o urânio. A partir da realização deste experimento, Marie Curie propôs que haveria outro elemento radioativo na pechblenda: o rádio.

Outro aspecto de NdC identificado nas reflexões expressadas neste evento foi a colaboração entre os cientistas. Tais reflexões emergiram, especialmente, a partir de um dos trechos do filme *Madame Curie*. Neste, um professor que lecionava em uma turma da qual Marie Curie fazia parte expressa um pensamento que indica a concepção de que os cientistas trabalham sozinhos. A partir desta cena, Diana salientou que:

O discurso dele também é interessante porque ele fala que todos eles vão ter que seguir um caminho sozinho na descoberta [...] É, tipo assim, 'vocês vão ser brilhantes, mas vão ter que trilhar seu caminho sozinhos'. E não é bem assim...

Em um momento posterior, a licencianda completou:

Faz parte do discurso daquele professor lá no início... que ele fala que a caminhada da "descoberta" é uma caminhada sozinha, é uma caminhada de solidão, é bem dessa ideia [...] ou seja, você cria a suposição de que ele não precisou de ajuda, de que ele fez tudo sozinho... não mostra essa relação.

Não obstante a maneira ingênua com que o trabalho dos cientistas é retratado no trecho do filme apresentado, destacamos a forma crítica com que Diana interpretou a fala do professor. De modo similar, em uma discussão que emergiu a partir da discussão do texto de Pugliese (2007), Maria salientou o modo como os cientistas compartilhavam entre si as informações obtidas a partir de suas pesquisas:

Eu acho que na comunidade científica esse trânsito de informações era mais dinâmico... mesmo de um país para outro. Porque, por exemplo, quando a gente estudou aquele texto do Newton, em países diferentes eles estavam mais ou menos atentos com o que estava acontecendo, o que estava se pesquisando... eu estou dizendo assim, embora a velocidade de troca de informações, não tem nem como comparar o que a gente tem hoje com o que se tinha, acho que tinha sim uma troca de conhecimentos na comunidade científica que estudava sobre determinado assunto... independente da localidade.

Tal reflexão da licencianda surgiu a partir de uma discussão motivada por um trecho do filme *Madame Curie*, no qual Becquerel compartilha com Pierre e Marie os resultados de um experimento que o haviam intrigado. Neste momento, Bianca comunicou aos colegas seu espanto pela atitude do cientista, de ter compartilhado com os pares os resultados de seu estudo. Então, Maria contrapôs a ideia apresentada pela colega, argumentando que a comunicação entre os cientistas era uma prática frequente, ainda que os meios de comunicação não fossem tão eficientes como os que existem atualmente.

Outra discussão que ocorreu a partir da apresentação de trechos do filme *Madame Curie* foi sobre o papel da persuasão dos pares no meio acadêmico. Tal discussão surgiu a partir do trecho em que Marie e Pierre Curie recorrem a uma banca de professores da Sorbonne para conseguir um laboratório e equipamentos para darem prosseguimento às suas pesquisas. Apesar das evidências apresentadas sobre a possibilidade de Marie ter descoberto um novo elemento químico, os professores não se convenceram de que os estudos realizados pelo casal eram consistentes. Neste momento, Diana declarou:

Eu tive a impressão... não só de ele não estar convencido, mas... em que isso vai beneficiar a universidade? Porque o sarcasmo dele dá aquele tom assim: 'como nós vamos ser beneficiados com essa descoberta?'... então você vê que o interesse final deles é o ganho da universidade.

Tal fala da licencianda indica que ela se atentou não apenas para a importância da persuasão dos pares, mas também para o fato de que existem outros fatores que podem influenciar a concessão de financiamento para pesquisas como, por exemplo, os interesses dos agentes financiadores. Na perspectiva de um ensino *funcional* de NdC, refletir sobre a necessidade do convencimento dos pares e sobre a existência de interesses por parte de agentes financiadores se mostra um conhecimento relevante para se avaliar a confiabilidade de uma afirmação científica. Isso porque entender que tais interesses existem pode levar a um olhar crítico sobre as pesquisas científicas.

Assim como os casos históricos contemplados nos kits, o caso histórico sobre Marie Curie também favoreceu reflexões sobre o papel da revisão por pares e resposta a críticas. Em um trecho do filme *Madame Curie*, Marie pede a Pierre que revise o experimento

realizado por ela para verificar se ela havia cometido algum erro. A partir desta cena, Maria declarou que:

Agora, em relação àquilo que eu falei, quando ela pede para ele olhar os resultados da análise, é porque eu fico pensando assim, se aquilo não teria passado despercebido. Porque às vezes a gente faz um trabalho de pesquisa, vai lá e publica, e aí você colocou os resultados lá, mas não faz uma avaliação de certos aspectos que uma outra pessoa que está lendo seu trabalho pensa naquilo e você não pensou. Você registrou, publicou, mas não necessariamente fez todas as abordagens em relação àquilo. E às vezes é uma coisa dessas que faz o trabalho ter vários desdobramentos.

A partir do que foi falado pela licencianda, percebemos que a cena do filme a levou a refletir sobre os processos de revisão por pares que acontecem atualmente na ciência quando, antes e ao ser publicado, um trabalho pode ser avaliado e/ou questionado. Ao final de sua fala, Maria também mencionou que estes processos são importantes para o desenvolvimento do conhecimento científico.

A influência do contexto econômico na ciência também foi um aspecto de NdC identificado em algumas das reflexões expressas pelas licenciandas. Tais reflexões surgiram a partir da discussão do texto de Pugliese (2007), no qual o autor menciona o momento em que vários grupos demonstraram interesse pelas pesquisas desenvolvidas por Marie Curie, quando chegou ao conhecimento público que o elemento Rádio poderia curar células cancerosas. Durante a aula, a professora chamou a atenção dos licenciandos para o momento em que as pesquisas desenvolvidas pela cientista alcançaram grande visibilidade. A partir disso, Maria declarou que:

Eu acho que ela conseguiu esse espaço porque como ela estava muito envolvida com a pesquisa, o marido dela morreu e já tinha muito interesse econômico em cima dessa pesquisa que ela estava fazendo, eu acho que esse espaço que ela conseguiu tem uma coisa a mais, tem outros interesses...

Entendemos que tal reflexão da licencianda indica que, para ela, a grande visibilidade e o reconhecimento do trabalho de Marie Curie ocorreram em função dos interesses econômicos que existiam em torno dos conhecimentos que estavam sendo desenvolvidos nas pesquisas que a cientista estava desenvolvendo. Além disso, Maria destacou o fato de que, naquele momento, Pierre Curie já havia falecido. Embora não tenha deixado explícito, a reflexão da licencianda indica que a morte de Pierre Curie, juntamente com os interesses econômicos, foram os fatores que contribuíram para o protagonismo de Marie Curie naquele contexto histórico.

Por fim, outro aspecto de NdC discutido a partir do caso histórico de Marie foram as relações de gênero presentes na ciência. O trecho do filme no qual Marie e Pierre Curie

pedem auxílio a uma banca de professores da Universidade Sorbonne para suas pesquisas apresenta o pouco protagonismo da cientista para que ela pudesse argumentar sobre o potencial de seus estudos. A partir desta cena, Diana declarou que:

Ela mal abre a boca, é ele [Pierre] que defende o tempo inteiro... quando ele [o professor da universidade] classifica ela como mulher, o marido fica revoltado, fala como se fosse uma palavra ofensiva para a época. E ela entende o papel dela, tanto que quando ele começa a se exceder, ela dá uma cutucada (sic) nele, como se falasse 'opa, não se exceda não, a gente precisa deles!'. Então mostra muito mais um lado de sabedoria, de saber com o que ela está lidando... e ela se apoia totalmente no marido nessa cena.

Nesta fala, a licencianda destacou o pouco espaço concedido a Marie Curie para que ela pudesse falar sobre o seu trabalho e o reconhecimento por parte da cientista da posição desfavorável que ela ocupava naquele espaço. Assim, ela reforçou o que já havia dito sobre o papel de Pierre para que Marie pudesse se inserir no meio acadêmico. Nas palavras de Diana:

Ela precisa do apoio dele para o que eles vão enfrentar mais para a frente. Será que se ela não estivesse casada, com esse 'sobrenome', ela teria essa chance? Ela teria esse 'alcance'? Até o pouco de contribuição que eles receberam... será que ela iria receber aquele pouquinho de contribuição?

A partir do que foi explicitado pelas licenciandas, percebemos que determinados elementos presentes no caso histórico de Marie Curie favoreceram reflexões sobre as práticas científicas como, por exemplo, o papel das concepções prévias dos cientistas, o trabalho colaborativo na ciência, o papel do convencimento dos pares, da revisão por pares e das respostas às críticas e a influência do contexto econômico sobre a ciência. Conforme discutido na sessão anterior, tais aspectos são importantes para que alguém possa avaliar a confiabilidade de uma afirmação científica na medida em que ajudam a criar um olhar crítico sobre os modos de produção da ciência. Por exemplo, a reflexão de Diana sobre os interesses que podem haver por parte de agentes financiadores pode ser um caminho para a compreensão de que, muitas vezes, são os interesses destes agentes que são levados em consideração quando um cientista ou grupo(s) de cientistas realiza(m) determinada pesquisa. De maneira similar, Maria também refletiu que o espaço conquistado por Marie Curie, em determinado momento, se deu em função da existência de interesses econômicos em relação às suas pesquisas. Tal reflexão também é importante para a compreensão de que, muitas vezes, os interesses econômicos podem determinar quais afirmações científicas terão maior ou menor credibilidade e visibilidade na ciência. No que diz respeito à credibilidade do cientista para a aceitação de afirmações científicas, os resultados demonstram que o caso histórico de Marie Curie também favoreceu reflexões desta

natureza. Por exemplo, em uma de suas respostas às questões do Questionário II, Diana declarou que:

Fica claro que Becquerel teoriza uma explicação que poderia ser questionada, mas a influência de seu nome e histórico familiar lhe creditavam tamanha credibilidade na academia que ele influenciou outros autores a enxergar o fenômeno da radioatividade da mesma forma.

Embora a licencianda não tenha expressado tal reflexão no momento da discussão do caso histórico, a associação feita entre o caso e o papel da credibilidade dos cientistas fica clara em sua resposta. Na perspectiva de um ensino *funcional* de NdC, tal reflexão se mostra relevante na medida em que favorece a percepção de que, embora a credibilidade do cientista seja algo importante, as afirmações feitas por um cientista reconhecido podem ser questionadas.

Além disso, o caso histórico também possibilitou a discussão sobre algumas das dificuldades enfrentadas por Marie Curie para que ela pudesse se inserir no meio acadêmico e para que seu trabalho alcançasse reconhecimento. Nesse sentido, acreditamos que o potencial de se analisar este caso histórico sob a perspectiva da ciência em construção se relaciona também à possibilidade de compreender sobre as relações de gênero que permeiam a ciência. Assim, salientamos as reflexões de Diana, nas quais ela ressaltou o papel do casamento com Pierre para que Marie pudesse, aos poucos, ter seu trabalho reconhecido pelos pares. Além disso, ela destacou o pouco espaço concedido à cientista para que ela pudesse argumentar sobre o potencial de suas pesquisas. Entender que tais relações de gênero existem é algo importante para a percepção de que a ciência não é neutra e, por isso, pode ser influenciada por valores culturalmente construídos. Ademais, reconhecer as relações de gênero é algo importante para a tomada de consciência sobre as relações de poder que existem na sociedade e sobre o modo como a ciência não está isenta das mesmas.

6.1.3 Elaboração da aula simulada e reflexões sobre a ciência em construção

O processo de elaboração de uma aula simulada por parte dos licenciandos favoreceu reflexões sobre diversos aspectos de NdC. Ao selecionar um caso histórico e refletir sobre o modo como ele seria utilizado em uma aula de ciências, Diana e Maria foram capazes de selecionar os aspectos de NdC que julgaram relevantes e propuseram maneiras de inserir discussões sobre tais aspectos ao longo da aula. Conforme mencionado anteriormente, o grupo de Diana optou por abordar a controvérsia histórica entre Luigi Galvani e Alessandro Volta. Um dos aspectos de NdC salientados a partir desta controvérsia foi a influência de aspectos políticos na ciência. As reflexões relacionadas a este aspecto surgiram a partir da informação apresentada pela licencianda de que Galvani perdeu seu

posto como professor na Universidade da Bolonha por se opor ao governo de Napoleão Bonaparte, o qual exercia forte influência política na Itália naquele contexto. Por ter perdido seu posto como professor, Galvani ficou impossibilitado de dar prosseguimento às suas pesquisas. De maneira diferente, Volta tinha o apoio e o reconhecimento de Napoleão, o que lhe possibilitou trabalhar como professor na Universidade de Pádua e, assim, dar prosseguimento às suas pesquisas. Tal elemento que envolve a controvérsia histórica entre os cientistas foi mencionado algumas vezes por Diana como sendo algo importante de ser abordado na aula simulada, conforme fica claro nestas falas:

Outro aspecto também que eu pensei foi a questão do Napoleão, porque os dois moravam na Itália, porém um, pelas questões políticas, teve que deixar o trabalho... e a gente vê que ele estava chegando numa mesma conclusão... numa mesma não, mas muito próximo do que foi produzido pelo Volta. E aí depois Volta que foi justamente renomado, premiado, porque ele apoiava o governo da Itália. Então você vê essa questão social bem forte, que eu acho interessante passar isso para os alunos.

A gente vai trabalhar essa ideia de que depois que a gente conseguir concluir que um trabalhou em cima do... fez o seu trabalho em cima do trabalho do outro, lançar essa questão sociopolítica... que a Itália tinha o domínio de Napoleão e que um dos cientistas foi demitido e não teve condições de trabalhar. Então, isso vai estar na fala do professor... E o outro não, o outro foi totalmente apoiado pelo governo.

Outro elemento da controvérsia histórica identificado nas reflexões expressas por Diana foi a diferença de interpretações dadas por Galvani e Volta ao fenômeno de contração dos músculos de uma rã morta. Por ser um anatomista – e fortemente influenciado pela Teoria da Força Vital –, Galvani atribuiu as contrações dos músculos da rã à existência de um fluido neuro-elétrico. De maneira diferente, Volta, que era físico, interpretou o fenômeno argumentando que o mesmo ocorria em função de as substâncias presentes no corpo da rã serem capazes de conduzir eletricidade e não devido à ‘eletricidade animal’, como acreditava Galvani. O fato de os dois cientistas possuírem formações diferentes e terem explicado o mesmo fenômeno de maneiras diferentes também foi algo ressaltado por Diana:

O que eu achei interessante é que você pode dar significados diferentes ao mesmo fenômeno. E acho que é nessa tecla que a gente queria bater. Que o fenômeno por si, a evidência por si, ela não explica... mas o olhar que o Galvani deu, deu uma explicação... o olhar que o Volta deu para aquele mesmo fenômeno gerou uma outra explicação. Então a ciência, ela é produzida assim, ela é produzida... ela não é tão imparcial, não é algo tão mirabolante. Depende muito do observador e da linha que ele está seguindo...

Assim, percebemos que tal elemento da controvérsia histórica favoreceu a reflexão, por parte de Diana, de que o *background* teórico dos cientistas influencia o modo como eles interpretam fenômenos. A percepção da licencianda sobre a influência das concepções dos cientistas sobre o modo como eles analisam dados é algo mencionado por ela até mesmo

como uma maneira de fazer uma crítica à forma com que a controvérsia é apresentada em livros didáticos de Química:

Se ensina nos livros assim, que um explicou... tipo assim, entendeu errado o fenômeno, e o outro consertou. Mas na verdade não foi isso. Todos os dois eram cientistas, os dois de universidade. Um trabalhava com uma coisa completamente diferente da outra. Um era físico e o outro era biólogo.

Tal fala indica que a licencianda reconheceu a diferença na formação dos dois cientistas como algo que influenciou a interpretação dada por eles ao fenômeno e não como se houvesse uma interpretação correta e outra errada. Assim, percebemos que tais elementos do caso histórico favoreceram a manifestação de um olhar crítico sobre o modo com os cientistas elaboram explicações. Ainda em relação ao modo como os cientistas elaboram explicações para os fenômenos, a controvérsia histórica também favoreceu reflexões sobre as mudanças conceituais que podem ocorrer quando determinado conhecimento científico está em desenvolvimento. Isso fica claro na seguinte fala de Diana:

Vocês viram que o cara (sic) [Volta] trabalhava justamente com eletricidade sobre os músculos. Aí, depois que aconteceu aquela situação, que ele tentou entender o porquê. Eu queria que a gente não perdesse isso [...] porque aí a gente ia trabalhar o aspecto de não ser linear, de que nem sempre o cientista vai ter a ideia que é a consolidada hoje.

Tal reflexão surgiu no momento em que a licencianda explicava aos colegas do grupo sobre as mudanças conceituais que ocorreram e que levaram Volta a pensar que o fenômeno observado nas rãs poderia ser reproduzido fora do corpo do animal. Mais uma vez, percebemos que analisar a HC sob a perspectiva da ciência em construção possibilitou à licencianda se deparar com os mesmos entraves com os quais Volta precisou lidar no passado, o que a fez perceber como os conhecimentos relacionados às pilhas eletroquímicas se desenvolveram ao longo do tempo.

Analisar a HC sob a perspectiva da ciência em construção também favoreceu reflexões sobre o papel dos modelos na ciência. Tais reflexões surgiram a partir do caso histórico sobre a síntese da amônia, abordada na aula simulada elaborada por Maria e seu grupo. A princípio, o grupo desejava utilizar a reação de síntese da amônia para explicar sobre o Princípio de Le Chatelier. Contudo, em um dado momento, as licenciandas perceberam que este princípio não era capaz de explicar a reação de síntese da amônia. Isso porque para compreender o equilíbrio químico que envolve essa reação, devem ser considerados aspectos cinéticos e termodinâmicos, os quais o grupo teve dificuldades para entender inicialmente. Em função das dúvidas que surgiram, as licenciandas solicitaram a ajuda de um professor de Físico-Química da universidade para que as mesmas fossem

esclarecidas. Após compreender que o Princípio de Le Chatelier possui limitações, Maria mencionou que tal informação poderia ser abordada na aula simulada:

Eu acho que apesar de a gente ter dificuldade de ver essa questão aí, da amônia, ela é muito legal para desconstruir... porque as pessoas têm uma ideia muito ingênua de equilíbrio químico. Acha que equilíbrio químico é Le Chatelier e que eu posso usar isso pra (sic) tudo. Então eu acho que isso quebra um pouco essa ideia, traz uma coisa mais crítica em relação à ciência, que eu acho que é o objetivo de se colocar esses aspectos históricos.

Em outro momento, a licencianda mencionou que:

E também tem essa ideia da ciência como verdade absoluta, algumas ideias como sendo as ideias que resolvem todos os problemas, como se as situações da natureza fossem simples de resolver.

Tais reflexões indicam que ela não apenas se atentou para as limitações que podem existir nos modelos, mas também considerou este aspecto de NdC algo importante de ser abordado na aula, como uma maneira de desmistificar a concepção de que a ciência é uma verdade absoluta, capaz de explicar todo e qualquer tipo de situação. Além disso, entender sobre as limitações do Princípio de Le Chatelier possibilitou à licencianda refletir sobre os entraves encontrados pelos cientistas do passado para sintetizar a amônia:

Porque a nossa ideia não é usar o princípio como uma ferramenta para entender o contexto da síntese? Porque a gente já sabe que não vai dar certo. Mas por trás dos aspectos históricos tem a questão da amônia, do porquê era importante produzir amônia e quais foram os entraves para isso. Então de certa forma, essa ideia prévia [Princípio de Le Chatelier] foi um entrave para a produção de amônia.

Aqui, percebemos que Maria considerou a influência das concepções prévias dos cientistas ao reconhecer que o Princípio de Le Chatelier foi um entrave para que se pudesse pensar em uma maneira viável de sintetizar a amônia. Na percepção da licencianda, o fato de o Princípio de Le Chatelier ser um conhecimento já estabelecido na época dificultou o processo de pensar de maneira diferente sobre o equilíbrio químico que envolve a reação de síntese da amônia. Em outro momento, Maria declarou que:

Eu gostei muito dele [do tema] porque ... aquela parte de que não tem consenso e que essa ideia surgiu na verdade de um pensamento filosófico, dessa ideia de que as coisas têm que se conservar, que é uma transformação e que não é possível que aquilo tenha sumido.

Neste momento, Maria explicou às colegas que gostaria de abordar sobre o Princípio de Le Chatelier pela possibilidade de discutir que existiram pressupostos filosóficos que deram base às ideias contempladas em tal princípio. Assim, percebemos que, novamente, a licencianda considerou o papel das concepções prévias dos cientistas como algo importante

de ser abordado na aula simulada. Além disso, Maria salientou ainda outro aspecto de NdC que poderia ser abordado a partir do caso histórico escolhido pelo grupo:

Ele [Fritz Haber] estava trabalhando e quais foram as principais ideias que apareceram em relação a isso? Não é? Porque a partir daí a gente pode começar a explorar aquela questão de que a ciência não é consensual. Porque certamente quando eles propuseram isso, pode ser que outras pessoas não concordavam com eles.

Aqui, a licencianda considerou sobre a possibilidade de outros cientistas terem proposto maneiras diferentes de sintetizar a amônia, o que indica seu olhar crítico sobre o modo como o conhecimento científico é produzido. Novamente, Maria não apenas identificou um aspecto de NdC a partir do caso histórico, mas também julgou relevante que o mesmo fosse discutido na aula.

Outro aspecto de NdC identificado nas reflexões expressadas pelas licenciandas foi sobre o trabalho colaborativo entre cientistas. Tal aspecto foi identificado tanto em falas de Diana quanto de Maria, o que indica que os dois casos históricos mencionados favoreceram este tipo de reflexão. Por exemplo, em determinado momento, Maria chamou a atenção do grupo para a importância de se obter mais informações sobre outros cientistas que poderiam ter pesquisado sobre possíveis maneiras de sintetizar a amônia:

Acho que uma vez que a gente definiu o porquê eles estavam pesquisando isso, a gente pode começar a falar quem trabalhou com isso. Porque esses caras (sic) tiveram sucesso, mas outras pessoas devem ter pensado nisso. E aí a gente pode trabalhar também outra parte, que é a questão de que tem muita gente trabalhando. O cara (sic) ganhou o Nobel, mas tinha outras pessoas trabalhando.

De maneira similar, Diana também considerou a colaboração entre os cientistas como algo importante de ser abordado na aula simulada:

Outro ponto também do trabalho em grupo é a questão de conseguir construir a ideia em conjunto... Querendo ou não, isso já é uma característica da ciência. Igual a gente estava discutindo que a ciência não se faz sozinha, que tem que ter uma certa aceitação... Quando eles começam a trabalhar essa parte de elaborar uma justificativa para o fenômeno em conjunto, eles já começam a querer a aceitação do grupo.

Esta fala mostra que a licencianda se atentou não apenas para o papel do trabalho colaborativo na ciência, mas também para a importância da persuasão dos pares. Nesse sentido, ela utilizou o trabalho em grupo como uma possível maneira de favorecer a reflexão sobre a necessidade de um cientista precisar convencer os pares da coerência de suas ideias para que elas sejam aceitas.

A partir do que foi falado pelas licenciandas neste evento, destacamos o potencial da atividade para favorecer reflexões sobre NdC. O fato de as licenciandas terem tido a

liberdade para escolher o caso histórico que quisessem, possibilitou a elas buscar informações sobre como determinados conhecimentos se desenvolveram ao longo da história e, a partir disso, refletir sobre as práticas científicas. Por exemplo, ao tentar compreender como se desenvolveu a controvérsia entre Galvani e Volta, Diana pôde refletir que o *background* teórico dos cientistas pode influenciar o modo como eles interpretam fenômenos. Além disso, ela refletiu sobre a influência que as afiliações políticas de um cientista podem ter no conhecimento científico na medida em que elas determinam a continuidade ou o fim de uma pesquisa. De maneira similar, Maria manifestou a compreensão sobre as limitações dos modelos que existem na ciência, uma vez que nem sempre eles serão capazes de explicar todos os fenômenos que ocorrem na natureza. Para ela, em relação à síntese da amônia, as limitações do Princípio de Le Chatelier se constituíram em um entrave para se compreender sobre o equilíbrio químico envolvido na síntese da amônia. Nesse sentido, o caso histórico a levou a refletir que, em alguns casos, a influência das concepções prévias dos cientistas pode ser algo que os impede de analisar os fenômenos da natureza sob uma perspectiva diferente (aspecto também salientado pela licencianda quando da discussão do caso histórico sobre Marie Curie).

Até o momento, apresentamos ao leitor como determinados elementos presentes nos casos históricos abordados ao longo da disciplina IHQE favoreceram algumas reflexões sobre NdC por parte das licenciandas Diana e Maria. Tendo realizado esta discussão inicial, apresentamos, na próxima sessão, algumas reflexões sobre a questão que motivou a realização deste trabalho: como a HC, analisada sob a perspectiva da ciência em construção, pode contribuir para favorecer reflexões sobre NdC?

6.2 Por que História da Ciência em construção?

Conforme destacado anteriormente, alguns aspectos de NdC podem ser discutidos a partir da HC, quando esta é analisada sob a perspectiva da ciência em construção, tais como: o papel da tentativa e do erro na ciência; como as ideias se modificam ao longo do tempo; o contexto cultural que permeia a ciência; os financiamentos de pesquisa; as questões que são investigadas; e como os dados são interpretados e teorias são criadas (ALLCHIN, 2014). Os pontos discutidos na sessão anterior evidenciaram que os casos históricos analisados ao longo da disciplina favoreceram reflexões relacionadas a estes aspectos de NdC. Por exemplo, a controvérsia histórica entre Galvani e Volta possibilitou à Diana refletir que nem sempre os cientistas tiveram as ideias que estão estabelecidas na ciência atualmente, ou seja, mudanças conceituais podem ocorrer ao longo do tempo. Em relação ao contexto cultural que permeia a ciência, as controvérsias entre Mead e Freeman, e entre Galvani e

Volta, assim como a história da síntese da amônia foram casos históricos que favoreceram reflexões sobre este aspecto de NdC. Por fim, o caso histórico sobre Marie Curie também possibilitou reflexões sobre a importância do financiamento de pesquisas.

Os dados obtidos neste trabalho também se mostram coerentes com o que Kolstø (2008) considera que pode ser discutido a partir de casos históricos. Por exemplo, um dos aspectos de NdC enfatizados pelo autor é que os conceitos científicos são construções humanas e, por isso, não são uma verdade absoluta e podem ser questionados. Nesse sentido, as reflexões feitas por Maria em relação às limitações do Princípio de Le Chatelier corroboram a afirmação do autor. Outro aspecto enfatizado é que observação e teoria estão intimamente relacionadas, de maneira que as teorias podem influenciar as observações e vice-versa. Conforme indicado no Gráfico 6.1, as reflexões relacionadas ao papel das concepções prévias dos cientistas na interpretação de dados ocorreram com relativa frequência, visto que todos os casos históricos abordados ao longo da disciplina possibilitaram tais reflexões. Nesse sentido, foi discutido sobre o modo como o *background* teórico dos cientistas influencia a maneira com que eles analisam dados e como isto pode se constituir em um entrave para que eles interpretem fenômenos sob uma perspectiva diferente.

Kolstø (2008) também destaca que é possível discutir a importância da argumentação na ciência a partir de casos históricos. Em relação a este aspecto de NdC, o autor chama a atenção para o papel da revisão por pares no desenvolvimento do conhecimento científico. Mais uma vez, os dados apresentados no presente trabalho corroboram tal afirmação, visto que este foi um aspecto de NdC identificado com frequência nas reflexões expressas pelas licenciandas. Acreditamos que a análise das diferentes controvérsias históricas ao longo da disciplina contribuiu para favorecer tais reflexões, uma vez que as mesmas exemplificam, de maneira clara e precisa, o papel da argumentação, do convencimento dos pares e das respostas às críticas na ciência. Tais resultados também se mostram coerentes em relação ao potencial das controvérsias históricas para favorecer reflexões relacionadas ao modo como os cientistas conduzem suas pesquisas e, ainda, sobre o papel da comunidade científica na construção do conhecimento (ACEVEDO-DÍAZ *et. al.*, 2016).

Destacamos ainda que os casos históricos contribuíram para fomentar um olhar crítico sobre as práticas científicas, o que se mostra coerente com a afirmação de Vergara (2014) sobre o potencial de casos históricos para desmistificar concepções ingênuas sobre a ciência. Por exemplo, o autor argumenta que a HC pode contribuir para desmistificar a visão de que a ciência é construída de forma ahistórica e aproblemática. As reflexões

expressas pelas licenciandas a partir das controvérsias históricas abordadas na disciplina corroboram tal afirmação. Isso porque a não consensualidade e não linearidade que caracterizam o desenvolvimento dos conceitos científicos foram aspectos de NdC identificados em suas reflexões. O autor também menciona que a visão de que os cientistas são gênios e trabalham sozinhos pode ser desmistificada a partir da HC. Nesse sentido, destacamos que a relativa frequência com que Diana e Maria se referiram à colaboração entre os cientistas e ao fato de estes não serem pessoas geniais é um indício de que os casos históricos podem contribuir para favorecer uma visão mais crítica sobre o trabalho dos cientistas. Por fim, o autor também destaca o potencial da HC para desmistificar a concepção de que a ciência é neutra, isto é, não é influenciada por aspectos econômicos, sociais, políticos e outros. Os dados apresentados também se mostram coerentes com tal afirmação, uma vez que o contexto cultural que permeia a ciência, bem como o modo como esses outros fatores a influenciam, foram aspectos identificados nas reflexões das licenciandas em todos os casos históricos analisados.

Conforme mencionado anteriormente, existem estudos empíricos que apontam para o potencial dos casos históricos para favorecer o aprendizado sobre conceitos científicos (por exemplo, SCHIFFER; GUERRA, 2015). Nesse sentido, ao longo da elaboração da aula simulada relacionada ao caso histórico sobre a síntese da amônia, Maria procurou entender sobre os fatores cinéticos e termodinâmicos envolvidos no equilíbrio químico que se estabelece neste sistema. A busca pelo auxílio de um professor da universidade e as discussões que se seguiram envolvendo aspectos químicos e históricos (muitas vezes simultaneamente) indicam que os conceitos científicos que envolvem o caso histórico em questão ainda não estavam bem fundamentados e claros para a licencianda. Esta situação se modificou quando Maria refletiu sobre as limitações do Princípio de Le Chatelier. No entanto, não é possível afirmar se a iniciativa em procurar o professor para o esclarecimento de dúvidas ocorreu em função do caso histórico que estava sendo analisado, ou em função da natureza da atividade que estava sendo realizada. Em relação a este último aspecto, a expectativa de conduzir uma aula pode ter sido um fator que motivou a busca por informações relacionadas aos conceitos químicos que seriam abordados. Sendo assim, embora seja possível que o caso histórico tenha favorecido a aprendizagem de um conceito científico, os dados não possibilitam fazer tal afirmação.

Tendo em vista as considerações feitas até o momento, percebemos que analisar a HC sob a perspectiva da ciência em construção deu às licenciandas a possibilidade de refletir sobre algumas das diversas etapas que compõem o processo de construção de uma afirmativa científica. Podemos dizer que as licenciandas analisaram a HC sob tal perspectiva

por dois motivos. O primeiro se deve à natureza dos materiais que nortearam as discussões da disciplina, os quais situam o leitor em relação aos conhecimentos que existiam em dado período histórico e como estes se desenvolveram. Além disso, os casos históricos selecionados informavam ao leitor sobre os contextos social, cultural, político e econômico da época. O segundo motivo foi o modo como as discussões foram conduzidas pela professora ao longo da disciplina, uma vez que suas intervenções favoreceram reflexões sobre NdC por parte dos licenciandos.

Ao analisar a HC sob tal perspectiva, identificamos determinados elementos presentes nos casos históricos que favoreceram reflexões sobre NdC. Ao utilizar o inventário das DCC para analisar as reflexões expressas pelas licenciandas, percebemos que tais reflexões estavam intimamente relacionadas com algumas das etapas que constituem o histórico de construção de uma afirmativa científica. Contudo, destacamos que o diferencial desta proposta (em relação à abordagem explícito-reflexiva, por exemplo) é que as reflexões sobre as práticas científicas surgiram a partir de uma abordagem contextualizada de NdC, diferente de abordagens que visam discutir sobre esta temática de forma declarativa. Nesse sentido, não foi falado para as licenciandas, por exemplo, que o *background* teórico dos cientistas influencia o modo como eles interpretam dados ou que o contexto econômico pode influenciar a ciência. De maneira similar, não lhes foi informado que os modelos são representações parciais e limitadas da realidade e, por isso, não são capazes de explicar todos os fenômenos. No entanto, Maria refletiu sobre este aspecto a partir da análise do caso histórico relacionado à síntese da amônia. Em suma, as reflexões sobre NdC expressas pelas licenciandas ao longo da disciplina emergiram a partir da análise dos casos históricos.

Assim, percebemos que o diferencial e a riqueza do processo vivenciado pelas licenciandas ocorreram na medida em que Diana e Maria (assim como seus colegas de turma) não apenas passaram a conhecer aspectos históricos da ciência, mas também sobre a complexidade do processo de produção do conhecimento científico e sobre algumas das etapas que envolvem este processo. Além disso, a reflexão sobre o contexto cultural que permeia a construção da ciência possibilitou um olhar crítico sobre as práticas científicas, na medida em que estas passaram a ser entendidas não mais como um processo algorítmico, infalível e que leva à produção de verdades, mas como uma construção humana passível de questionamentos e críticas. Nesse sentido, compreender sobre a falibilidade, as tentativas e erros que ocorrem na ciência é, por si só, algo fundamental para inspirar um olhar mais crítico sobre as afirmações científicas (ALLCHIN, 2012).

Não obstante a diversidade de reflexões sobre NdC favorecidas pela análise dos casos históricos, diversos aspectos contemplados no inventário das DCC não foram

identificados nas falas das licenciandas. No entanto, não entendemos que tal resultado coloque em xeque o potencial da HC como uma abordagem possível para promover uma visão ampla sobre a ciência. Na realidade, tal resultado se mostra coerente com o que é apontado por Allchin *et. al.* (2014) em relação à necessidade de que diferentes abordagens para o ensino de NdC sejam articuladas. Segundo os autores, os casos históricos, casos contemporâneos e as atividades investigativas devem ser utilizados conjuntamente em um contexto real de ensino, pois cada um destes tipos de atividades tende a favorecer reflexões sobre aspectos diferentes de NdC. Por isso, os casos históricos não contemplam todas as possíveis discussões sobre NdC. Além disso, o tempo de duração da disciplina não possibilitou que outros casos históricos fossem discutidos com igual profundidade. Se assim fosse, talvez outros aspectos de NdC tivessem emergido das discussões. Contudo, tendo em vista que se tratava de uma disciplina de Graduação que visava discutir, entre outras coisas, sobre a introdução de HC e NdC no ensino, os resultados obtidos neste trabalho se mostram coerentes com o que era esperado.

Por fim, ao longo do processo de análise dos dados, outros questionamentos surgiram: quais são as implicações destes resultados, considerando os objetivos de se promover um ensino *funcional* de NdC? Qual a relevância do entendimento sobre NdC manifestado pelas licenciandas ao lidarem com afirmações científicas?

Nos últimos anos, pesquisadores da área de Educação em Ciências, assim como o próprio aporte teórico utilizado neste trabalho, têm argumentado que o ensino de NdC pode contribuir para a tomada de decisão consciente sobre tópicos relacionados à ciência (KOLSTØ, 2008; KHISHFE, 2012; LEE; GRACE, 2012; ALLCHIN, 2014). Mas sempre haverá uma tomada de decisão? Em outras palavras, uma compreensão *funcional* de NdC compreende, necessariamente, uma tomada de decisão? Se sim, como os licenciandos utilizam seus conhecimentos para tomar tais decisões? Se não, como eles podem utilizar seus conhecimentos sobre NdC para pensar de forma crítica sobre a ciência?

Partindo desses questionamentos, apresentamos, na próxima sessão, a segunda parte de nossa discussão dos dados. Salientamos desde já que nosso objetivo não é apresentar respostas definitivas para os questionamentos levantados, e sim, trazer alguns apontamentos que possam contribuir para futuras pesquisas nesta área.

6.3 História da Ciência (em construção) e Pensamento Crítico

Conforme destacado anteriormente, a ferramenta CT-NOS, proposta por Yacoubian (2015), contempla elementos que podem auxiliar na compreensão da viabilidade e das limitações de determinadas propostas para o ensino de NdC. Sob esta perspectiva,

buscamos analisar os dados obtidos neste trabalho à luz do referido aporte teórico, com o objetivo de trazer alguns apontamentos sobre os questionamentos levantados ao final da sessão anterior.

Ao analisarmos as falas das licenciandas no momento das entrevistas, nos questionamos sobre quais seriam as implicações do entendimento sobre NdC manifestado por elas ao longo da disciplina. Pensando em um ensino de NdC que favoreça tomadas de decisão conscientes, qual seria a relevância das reflexões sobre NdC expressas pelas licenciandas? Refletir sobre NdC leva, necessariamente, a uma tomada de decisão?

Partindo destes questionamentos, percebemos que as tomadas de decisão pressupõem o engajamento em atividades que envolvem a resolução de questões problema, o que não ocorreu ao longo da disciplina. Isso porque é ao se deparar com situações a serem “solucionadas” que uma pessoa terá a chance de utilizar o que ela compreende sobre NdC para tomar uma decisão (YACOUBIAN, 2015). Nesse sentido, os casos históricos abordados se mostraram frutíferos para favorecer reflexões relacionadas a diversos aspectos de NdC, mas não contemplaram questões problema a serem solucionadas. Isto pode justificar o fato de não terem sido identificadas tomadas de decisão por parte das licenciandas. Entretanto, as reflexões sobre NdC manifestadas constituem um corpo de conhecimentos importantes que, futuramente, podem vir a informar decisões sobre tópicos relacionados à ciência. Por exemplo, ao final da entrevista, Diana foi questionada sobre se ela levaria em consideração aspectos discutidos na disciplina para se posicionar sobre temas controversos que existem na ciência atualmente. Ao responder, a licencianda declarou que:

Eu acho que uma das coisas que agora me desperta muito mais é pesquisar sobre. Porque fulano (sic) está pensando assim, porque beltrano (sic) está pensando de outro jeito... o que está influenciando essas observações divergentes? O que está fazendo com que um lado pense de um jeito, ou pense de outro? E nisso, essa atividade que a gente fez, do Galvani e do Volta, me ajudou a pensar muito nisso. Porque você vê nitidamente a influência do biólogo e do físico, das áreas de atuação. Quanto mais se for influência... por exemplo, se essa questão divergente aparecesse dentro de um fármaco... quem está apoiando tal cientista? Quem está apoiando o outro? As descobertas deles estão sendo financiadas por quem? Então tudo isso vai pesar na hora de fazer a crítica. Então acho que aprender essas questões me fez parar e avaliar melhor o cenário como um todo. Porque muitas vezes apresenta na mídia, mas apresenta sempre voltado para um. Não é nunca imparcial o jornal ou uma revista. Sempre se mostra voltado para um. O próprio texto vai dando dicas e mostrando... ou até mesmo evidencia através da quantidade de informações de um e de outro [...] Às vezes a mesma notícia dada por outro jornal mostra um outro lado.

Aqui, percebemos que a licencianda mencionou alguns conhecimentos sobre NdC que ela levaria em consideração para se posicionar sobre um tema controverso. Por

exemplo, ela destacou que consideraria a influência das concepções prévias dos cientistas no momento da análise dos dados – aspecto sobre o qual ela refletiu a partir da controvérsia histórica entre Galvani e Volta. De acordo com Kostø (2008), reconhecer que observação e teoria estão relacionadas é algo importante para que uma pessoa compreenda que as divergências entre os cientistas podem ocorrer não apenas em função de interesses, mas devido a divergências de interpretação. Além disso, a licencianda também mencionou sobre os possíveis interesses que podem existir por parte dos agentes financiadores de pesquisas. Por isso, ela destacou que procuraria saber sobre quais seriam os agentes financiadores de uma pesquisa, caso se deparasse com um tema controverso. Por fim, o reconhecimento de que os veículos de informação podem não ser imparciais indica a sua percepção sobre o papel da credibilidade das mídias de notícias. Assim, percebemos que embora Diana não tenha tomado uma decisão, ela identificou alguns aspectos de NdC que poderia levar em consideração quando fosse o caso.

De maneira similar, Maria também salientou alguns aspectos que ela levaria em consideração ao se deparar com um tema controverso da ciência:

Eu fico pensando principalmente nos fatores econômicos e políticos que estão por trás do posicionamento de um determinado cientista. Porque, por exemplo, a questão do efeito estufa. Eles pegam um cientista pra (sic) dizer que o efeito estufa não existe. Eu vou procurar saber quem é que está financiando o trabalho desse cientista! Se é, por exemplo, uma empresa da área de petróleo, de gás... porque sinceramente, se o cara (sic) defende que o efeito estufa não existe, mas o trabalho dele está sendo financiado por empresas que estão aumentando a emissão de gases estufa, eu vou ficar muito desconfiada da informação que ele está dando!

Tal reflexão da licencianda indica que, assim como Diana, ela também levaria em consideração os interesses que podem existir por parte dos agentes financiadores de pesquisa. Nesse sentido, ela declarou que se mostraria resistente em atribuir confiabilidade a uma pesquisa cujos resultados se mostrassem favoráveis aos interesses dos agentes financiadores. Em outro momento, Diana complementou esta reflexão ao declarar que:

Tem também aquela questão de que hoje em dia as pessoas não pesquisam o que elas querem, elas pesquisam o que os órgãos de pesquisa estão dispostos a financiar também. É muito difícil você ver um pesquisador... 'ah, eu vou fazer isso aqui agora!'... e conseguir alguém para injetar milhões numa pesquisa que ele está a fim de fazer. Hoje as pesquisas são muito seletivas. Os órgãos de fomento definem um determinado tema que as pessoas vão pesquisar... quem estiver disposto a pesquisar é quem vai submeter os projetos para o financiamento. Então as pesquisas hoje não são simplesmente uma coisa que sai da cabeça do pesquisador.

Assim, percebemos que a licencianda considerou sobre a pouca liberdade concedida aos cientistas para escolher os temas de suas pesquisas, bem como a influência dos agentes

financiadores para definir quais temas serão pesquisados. Em um momento posterior da entrevista, Maria explicitou algumas reflexões que apresentam indícios sobre como ela utilizou seus conhecimentos sobre NdC para compreender o modo como a ciência é produzida atualmente. Nas palavras da licencianda:

Porque olha só, eu acho que um dos pressupostos do capitalismo é o lucro, não é? É você ter lucro em cima de alguma coisa. E isso de certa forma, vai interferir no que o cientista vai investir do tempo dele. Às vezes ele pode fazer uma pesquisa que vai trazer um benefício pra (sic) uma comunidade local ali, mas que não vai ser tão rentável economicamente pra (sic) ele. Então se ele estiver muito orientado nesse sentido, do lucro, de ter uma pesquisa pra (sic) ter uma patente, pra gerar um recurso... que é importante também, não acho que não seja... mas se os seus objetos de pesquisa são guiados unicamente por isso, é uma maneira de o sistema econômico interferir na ciência na minha concepção.

Aqui, a licencianda destacou como o interesse em obter lucro a partir da criação de patentes pode ser um fator que orienta o rumo de determinadas pesquisas. Cabe ressaltar que a relação do contexto econômico com a produção do conhecimento científico foi algo discutido a partir de alguns dos casos históricos abordados ao longo da disciplina. Assim, a reflexão da licencianda pode se constituir em um indício da maneira como ela transpôs este conhecimento para interpretar as práticas científicas da atualidade.

Considerando tais reflexões das licenciandas, percebemos que alguns dos aspectos de NdC identificados em suas falas ao longo da disciplina foram mencionados por elas ao argumentarem sobre o que levariam em consideração ao se deparar com temas controversos da ciência. Além disso, Maria também expressou reflexões que apresentam indícios de como ela utilizou determinado aspecto de NdC discutido a partir dos casos históricos para argumentar sobre o modo como compreende a produção da ciência atualmente. Por isso, embora não tenham ocorrido oportunidades que favorecessem tomada de decisões ao longo da disciplina, as licenciandas puderam pensar criticamente *sobre* NdC. Conforme mencionado anteriormente, Yacoubian (2015) entende o pensamento crítico *sobre* NdC como uma fase que antecede – e, por isso, é necessária a – a tomada de decisão sociocientífica. A fim de nortear o leitor nas próximas discussões, reproduzimos, novamente, a ferramenta CT-NOS (Figura 1.2, aqui renomeada Figura 6.1).

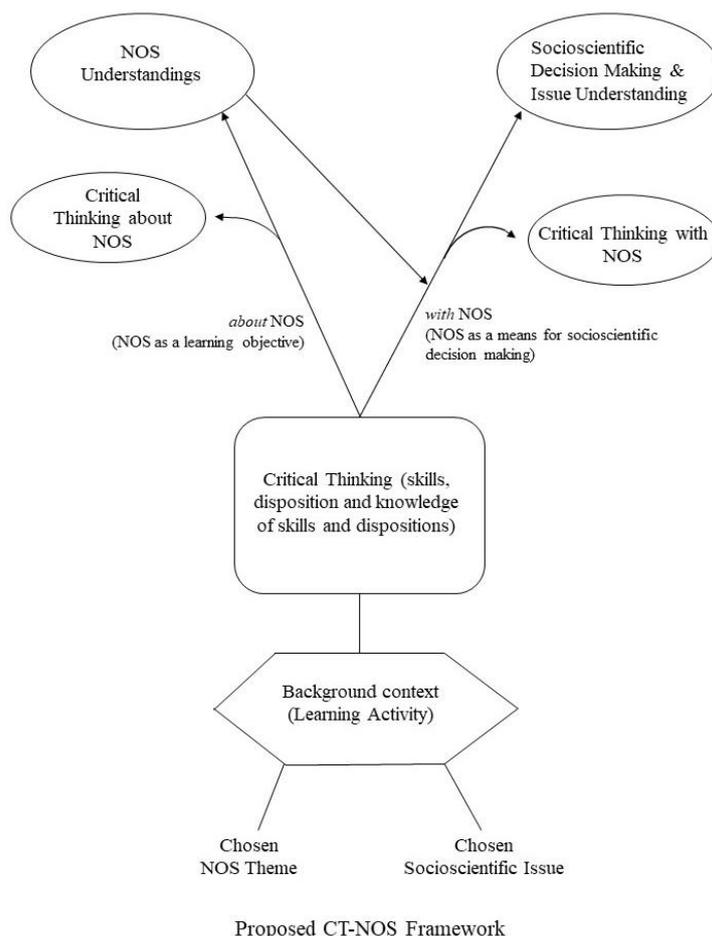


Figura 6.1. Representação visual da ferramenta CT-NOS. Fonte: Yacoubian (2015)

Analisando o processo vivenciado pelas licenciandas à luz da ferramenta CT-NOS, percebemos que os casos históricos podem se constituir em uma experiência de aprendizagem (*Background Context*) viável para favorecer as habilidades e disposições que constituem o pensamento crítico. Isso porque alguns dos aspectos de NdC identificados em reflexões expressas pelas licenciandas a partir dos casos históricos foram mencionados por elas como sendo importantes para o posicionamento sobre temas controversos da ciência ou para compreender sobre a ciência atual. Além disso, tais reflexões indicam que elas manifestaram a capacidade de pensar criticamente *sobre* NdC. Por isso, quando analisada sob a perspectiva da ciência em construção, a HC pode levar a um dos resultados que compõem a ferramenta CT-NOS: a compreensão *sobre* NdC. Segundo Yacoubian (2015), é justamente essa compreensão que possui o potencial de informar o pensamento crítico *com* NdC e, conseqüentemente, as decisões sociocientíficas.

Considerando as discussões feitas até aqui, percebemos que os dados se mostram coerentes com os apontamentos levantados por Yacoubian (2015) em relação à ferramenta CT-NOS. Conforme argumenta o autor, o pensamento crítico é um elemento que antecede a

compreensão sobre NdC e as tomadas de decisão sociocientíficas. Nesse sentido, percebemos que foi necessário prover oportunidades para que as licenciandas refletissem sobre aspectos de NdC e que tais conhecimentos foram por elas utilizados ao apresentar indícios de como interpretavam a ciência atual e as controvérsias que a permeiam. Tais resultados também corroboram os argumentos de Allchin (2013), segundo os quais compreender as práticas científicas que envolvem a elaboração de uma afirmação científica é importante para que uma pessoa seja capaz de avaliar a confiabilidade da mesma.

Analisar os dados à luz da ferramenta CT-NOS também nos levou a reflexões relacionadas ao ensino de NdC. Uma importante contribuição desta ferramenta é a percepção do pensamento crítico como um elemento necessário – e, justamente por isso, que antecede – a tomada de decisão sociocientífica. Sendo assim, salientamos a importância de prover oportunidades para que professores em formação – assim como estudantes da Educação Básica – reflitam sobre NdC antes de realizar atividades que contemplem questões problemáticas como, por exemplo, as questões sociocientíficas. Isso porque tais questões exigem tomadas de decisão, as quais só ocorrerão de forma crítica e consciente a partir da compreensão sobre as minúcias e a complexidade envolvidas na produção do conhecimento científico.

Além disso, tais reflexões dão suporte ao posicionamento apresentado ao início deste trabalho quanto à utilização do termo ‘tomada de decisão’. Conforme argumentamos, este termo não contempla todos os objetivos que podem ser alcançados a partir do ensino de NdC. Isso porque os dados apresentados no presente trabalho indicam que pensar criticamente sobre questões relacionadas à ciência nem sempre envolve o engajamento em processos de tomada de decisão. Assim, o pensamento crítico sobre um tópico não implica, necessariamente, em uma tomada de decisão sobre o mesmo. Contudo, o pensamento crítico é uma etapa fundamental para informar tomadas de decisão sociocientíficas. Por isso, acreditamos que o termo ‘pensamento crítico’ se mostra mais adequado para caracterizar o que se deseja alcançar a partir de uma compreensão *funcional* sobre NdC.

Considerando o papel da disciplina IHQE para favorecer reflexões sobre NdC e, ainda, para a manifestação do pensamento crítico sobre NdC por parte dos licenciandos, qual a relevância destes conhecimentos para os futuros professores? A partir deste questionamento, buscamos trazer alguns apontamentos sobre a relevância de se discutir sobre a HC na perspectiva da ciência em construção nos cursos de formação de professores.

6.4 A História da Ciência na formação de professores

Conforme discutido anteriormente, alguns autores têm se baseado na abordagem explícito-reflexiva para inserir a HC nos cursos de formação de professores. Contudo, tal perspectiva para o ensino de NdC tem apresentado algumas limitações. Por exemplo, os estudos conduzidos por Rudge *et. al.* (2014) e Çetinkaya-Aydın e Çakıroğlu (2017) indicam que algumas das concepções consideradas inadequadas não se modificaram após a implementação de unidades didáticas e cursos relacionados à HC. De maneira similar, os resultados obtidos a partir dos estudos conduzidos por Williams e Rudge (2016) indicam que a implementação de uma sequência didática baseada na abordagem explícito reflexiva influenciou a compreensão de NdC dos licenciandos em determinados aspectos, mas não em outros. Em contrapartida, os dados que subsidiaram a elaboração do estudo de casos múltiplos apresentado neste trabalho indicam que as reflexões sobre NdC que ocorreram a partir da disciplina favoreceram mudanças nas concepções *sobre* Ciência das licenciandas Diana e Maria. Por exemplo, no Questionário I (respondido ao início da disciplina), Diana declarou que:

Eu diria a ele que ciência é o estudo do mundo, que busca responder o porquê ou como a natureza/mundo é.

Ainda no Questionário I, ao ser questionada sobre o que uma pessoa deveria aprender para saber sobre ciência, a licencianda respondeu:

Aprender a racionalizar sobre ações e fenômenos que não são visíveis a olho nu. A não ser por experimentos. A grande dificuldade que vejo é fazer as pessoas entenderem situações/realidade que fogem do macro.

Assim, percebemos que Diana possuía uma visão de ciência intimamente relacionada aos modos de produção das ciências naturais. No momento da entrevista realizada ao final da disciplina, a licencianda confirmou isto ao declarar:

Eu ainda não sei definir o que é ciência, isso é um fato. Mas eu consigo enxergar que é algo muito maior do que eu vinha pensando que era. Eu imaginava apenas conteúdo, produção de laboratório, coisas muito mais palpáveis. E eu pude perceber que é muito mais do que isso. E que a história faz parte desse contexto de ciência, do que é ciência.

Em outro momento da entrevista, a licencianda declarou que:

Então, acho que o primeiro de tudo seria falar o que a ciência não é. Ela não é imparcial, ela não é absoluta, ela não é feita por contribuições de pessoas geniais, que descobriram a roda do nada. Ela é influenciada pelo contexto histórico no qual ela é produzida, ela tem fatores sociais e políticos totalmente influenciáveis, tanto na história quanto hoje. A ciência é produzida, mas ela precisa ser aceita por uma comunidade científica, ou por um determinado grupo... aquela contribuição precisa ser aceita. Acho que o que eu iria falar

é isso... e a questão do gênero também. Eu iria falar que a ciência não é produzida por um sexo, não é porque você é de um sexo ou de outro que você não produz ciência. A ciência é acessível a qualquer pessoa.

Tais resultados indicam que o modo como Diana caracterizou a ciência ao final da disciplina se difere significativamente do modo como ela o fez ao início da mesma. Em sua última resposta, percebemos que ela mencionou aspectos de NdC para expressar sua visão de que a ciência: não é uma verdade absoluta; é influenciada por fatores sociais e políticos; precisa ser validada por uma comunidade; não é condicionada ao gênero de quem a produz; e, ainda, os cientistas não são gênios e não fazem descobertas ao acaso.

Assim como no caso de Diana, as reflexões expressas por Maria apresentaram indícios de mudança nas suas visões sobre ciência. Por exemplo, no Questionário I, Maria definiu a ciência como:

Um ramo que se dedica a estudar os fenômenos que nos cercam a partir de um método no qual o rito é delineado pela área a ser analisada. Esses fenômenos são descritos por meio de uma linguagem científica e por meio de teorias que, por sua vez, são oriundas de dados sistematicamente adquiridos que vão subsidiar hipóteses que podem originar essas teorias.

A resposta da licencianda indica que ela relacionava a ciência às etapas que constituem o método científico, conforme evidenciado no trecho abaixo:

PF: Como é esse estudo? Como a ciência é feita? Como a gente estuda as coisas?

Maria: *Por meio do método científico, de observar, de formular uma teoria, de criar modelos, de avaliar esses modelos... eu acho que é por aí.*

[...]

PF: Mas então ciência precisa de experimento? Precisa de observação?

Maria: *Ah, eu acho que sim. Porque senão, não seria ciência... se não precisasse de verificar se procede ou se não procede.*

No momento da entrevista realizada ao final da disciplina, identificamos que a resposta da licencianda para o que é ciência foi diferente da resposta dada no início da disciplina:

Mas a questão é que a ciência, seja na área de exatas ou humanas, ela tem um rito que é característico dela. A maneira como os objetos são pesquisados, os temas que são pesquisados, a maneira com que esses temas são comunicados na comunidade científica, de cada tipo de ciência, seja humana, seja exata... Então eu acho que a ciência não é um conhecimento que pode ser obtido e comunicado de qualquer forma. Tem uma lógica nessa comunicação pra (sic) esse conhecimento ser considerado aceitável ou uma coisa que se pode discutir, ele não pode ser obtido de qualquer forma. Das ciências exatas, que é a área que eu convivo, principalmente na área de Química, da experimentação, que é um

dos recursos que se usa, não só a experimentação, mas outras ferramentas, como a criação de modelos, são importantes para poder verificar se uma ideia, um conceito, realmente vale a pena ser discutido, ser explorado.

Aqui, percebemos que a licencianda se referiu às especificidades das práticas que caracterizam a produção, a comunicação e a validação do conhecimento científico. Além disso, percebemos que ela também considerou sobre outras formas de produzir conhecimento nas ciências naturais além da experimentação.

Embora tenhamos comparado as visões de ciência das licenciandas ao início e ao final da disciplina, salientamos que estes não são os únicos indícios de que ocorreram mudanças nestas visões. Nesse sentido, a robustez e a complexidade das reflexões que foram expressas ao longo da disciplina e até mesmo em outros momentos da entrevista, dão suporte à nossa afirmação de que o modo como a HC foi abordada ao longo da disciplina favoreceu mudanças nas concepções de ciência das licenciandas. Isso porque, conforme discutido na sessão 6.1, foram identificadas reflexões sobre um amplo espectro de aspectos de NdC. Assim, estes resultados apontam para o potencial de se discutir sobre a HC sob a perspectiva da ciência em construção, quando comparado à abordagem explícito-reflexiva. Além disso, os dados obtidos se mostram coerentes com aqueles obtidos por Justi e Mendonça (2016) e Almeida e Justi (no prelo), os quais apontam para a relevância de abordagens contextualizadas de HC para favorecer a compreensão sobre NdC por parte de licenciandos.

As mudanças identificadas nas concepções de ciência ao longo da disciplina apontam para o potencial de se avaliar conhecimentos de NdC de forma processual e contextualizada. Nesse sentido, os estudos de caso produzidos possibilitaram a compreensão de como determinados elementos dos casos históricos favoreceram algumas reflexões expressadas pelas licenciandas e como suas visões de ciência se modificaram ao longo da disciplina. Dessa forma, acreditamos que tal contexto de coleta de dados e metodologia para coleta-los se mostram frutíferos para investigar o potencial de abordagens para o ensino de NdC, quando comparadas aos questionários do tipo *VNOS-C*, *VOSI* ou *SUSSI*. Isso porque, conforme destacado anteriormente, o comando das perguntas que constituem estes questionários pode influenciar as respostas do sujeito da pesquisa, o que tornaria inviável compreender em que extensão as concepções sobre NdC ali identificadas se manifestaram em função de um curso, sequência didática ou atividade. Além disso, acreditamos que o formato destes questionários não favorece reflexões importantes para se compreender sobre o modo como licenciandos podem utilizar conhecimentos de NdC para tomar decisões ou para elaborar estratégias instrucionais.

No que diz respeito à relevância dos conhecimentos de NdC manifestados pelas licenciandas, observamos que os mesmos foram utilizados por elas para elaborar a aula simulada. Em alguns momentos, elas utilizaram determinados aspectos dos casos históricos que estavam sendo estudados para abordar sobre NdC em suas aulas. Por exemplo, em um momento durante a elaboração da aula, Diana declarou que:

Outro aspecto também que eu pensei foi a questão do Napoleão, porque os dois moravam na Itália..., porém um, pelas questões políticas, teve que deixar o trabalho... e a gente vê que ele estava chegando numa mesma... numa mesma não, mas muito próximo do que foi produzido pelo Volta. E aí depois Volta que foi justamente renomado, premiado, porque ele apoiava o governo da Itália. Então você vê essa questão social bem forte, que eu acho interessante passar isso para os alunos.

De maneira similar, Maria também utilizou aspectos do caso histórico escolhido por seu grupo para abordar aspectos de NdC na aula:

Só que eu acho que antes disso, a gente tinha que falar por que era tão importante produzir essa amônia. Por que o cara (sic) vai gastar a vida dele pra (sic) fazer um experimento? Pra (sic) quê? Qual era o objetivo? Então acho que seria legal se a gente explorasse essa parte do objetivo, porque já pega uma coisa que a gente aprendeu na disciplina: as ideias não surgem do nada. Tinha uma motivação para as pessoas pesquisarem isso.

Em outro momento, a licencianda fez outra sugestão às colegas do grupo:

Ah, você sabe o que eu acho que a gente pode fazer antes disso? Colocar assim... ele [Fritz Haber] estava trabalhando e quais foram as principais ideias que apareceram em relação a isso? Não é? Porque a partir daí a gente pode começar a explorar aquela questão de que a ciência não é consensual.

Assim, percebemos que as licenciandas utilizaram alguns de seus conhecimentos sobre NdC na preparação da aula simulada visando favorecer discussões relacionadas a este tema. Além disso, Diana e Maria também consideraram algumas das visões sobre ciência que estudantes de ensino médio podem manifestar e refletiram sobre maneiras de fomentar discussões que pudessem contribuir para modificar e/ou desconstruir essas visões. Isto fica evidenciado em algumas partes das seguintes falas:

Eu pensei nessa parte, de contribuir na motivação dos alunos, para desmistificar a visão do cientista como uma pessoa antissocial... porque quando os alunos começarem a propor explicações para o fenômeno eles vão estar criando ciência... eles vão estar pensando, a gente vai estar direcionando eles para isso... pensei também nessa parte... contribuir para os alunos terem a noção que o conhecimento científico não é um processo linear nem acumulativo. (Diana)

Eu acho que apesar de a gente ter dificuldade de ver essa questão aí, da amônia, ela é muito legal para desconstruir... porque as pessoas têm uma ideia muito ingênua de

equilíbrio químico. Acha que equilíbrio químico é Le Chatelier e que eu posso usar isso pra (sic) tudo. Então eu acho que isso quebra um pouco essa ideia, traz uma coisa mais crítica em relação à ciência, que eu acho que é o objetivo de se colocar esses aspectos históricos.
(Maria)

Tais resultados se mostram coerentes com aqueles obtidos a partir do estudo conduzido por Demirdöğen *et. al.* (2016). Segundo estes autores, a implementação de um curso relacionado à NdC contribuiu para o desenvolvimento de alguns dos conhecimentos que compõem o PCK de NdC como, por exemplo, os conhecimentos de estratégias instrucionais e conhecimentos sobre avaliação. Os dados obtidos a partir do presente trabalho não nos possibilitam fazer afirmações assertivas em relação ao desenvolvimento do PCK de NdC das licenciandas Diana e Maria. Isso porque, diferente do estudo realizado por Demirdöğen *et. al.* (2016), as licenciandas não implementaram a aula elaborada por elas em um contexto real de sala de aula, ou não foram acompanhadas por um certo período de tempo atuando em contextos reais de sala de aula, condições importantes para investigar os conhecimentos que compõem o PCK. Entretanto, iniciativas como a inserção de aspectos de NdC na preparação da aula simulada e a consideração sobre as concepções de ciências dos estudantes possuem relação com os conhecimentos de estratégias instrucionais e conhecimentos sobre estudantes (elementos constituintes do PCK). Assim, embora não seja possível afirmar que houve qualquer desenvolvimento do PCK de NdC das licenciandas, podemos perceber que houve a manifestação de alguns conhecimentos importantes que podem sustentar futuras práticas docentes relacionadas ao ensino de NdC.

Os fatos de as licenciandas terem inserido aspectos de NdC na preparação da aula simulada e considerado sobre as visões de ciência dos estudantes também indicam a pertinência de se utilizar abordagens contextualizadas de NdC nos cursos de formação de professores. Por abordagens contextualizadas nos referimos àquelas que fogem ao conteúdo restritivo das listas de princípios e que favorecem reflexões sobre NdC de forma holística e integral (ALLCHIN *et. al.*, 2014). Por exemplo, os resultados de um estudo realizado por Akerson *et. al.* (2017) apontam que os licenciandos não incluíram objetivos de aprendizagem, nem atividades e avaliações relacionados à NdC ao elaborarem planos de aula. Tais resultados foram identificados mesmo após a implementação de um curso de formação de NdC baseado na perspectiva explícito-reflexiva. Em contrapartida, os resultados obtidos a partir deste trabalho indicam que as reflexões fomentadas a partir de abordagens contextualizadas de NdC podem se mostrar mais frutíferas em relação ao reconhecimento, por parte dos licenciandos, da pertinência de se discutir sobre este tópico em aulas de ciências.

A partir destas considerações, salientamos a pertinência da perspectiva para o ensino de HC adotada na disciplina não apenas para favorecer uma visão holística sobre ciência, mas também para fomentar reflexões que possam contribuir para nortear práticas docentes futuras relacionadas ao ensino de NdC.

7 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Para iniciarmos nossas discussões conclusivas, retomamos a questão que motivou a realização deste trabalho: Como a HC, analisada sob a perspectiva da ciência em construção, pode favorecer reflexões de licenciandos sobre NdC?

A partir dos resultados apresentados, percebemos que determinados elementos presentes nos casos históricos podem favorecer reflexões sobre aspectos de NdC. Ao utilizar o inventário das DCC na análise dos dados, identificamos a relação entre as reflexões expressas pelas licenciandas e as diversas etapas que constituem o histórico de construção das afirmações científicas. Por exemplo, as controvérsias históricas entre Margareth Mead e Derek Freeman e entre Isaac Newton e Gottfried Leibniz favoreceram reflexões relacionadas: ao papel das críticas na produção do conhecimento; à influência de aspectos políticos e sociais na ciência; ao papel dos estudos sistemáticos, dos novos instrumentos e de sua validação na produção do conhecimento; ao papel das concepções prévias dos cientistas na interpretação de dados; à diversidade de personalidade dos cientistas; às normas que existem para o tratamento de dados; e às diferenças entre informações verificáveis e valores pessoais dos cientistas. De maneira similar, o caso histórico sobre Marie Curie também favoreceu reflexões sobre a não genialidade dos cientistas; o papel da colaboração e da competição entre cientista; a capacidade de persuasão e a credibilidade dos cientistas; a importância dos órgãos financiadores e a influência do contexto econômico na ciência. Além disso, o caso histórico sobre a síntese da amônia e a controvérsia entre Galvani e Volta favoreceram reflexões sobre a influência do contexto político, histórico e social na ciência; o papel dos modelos na elaboração do conhecimento; as mudanças conceituais que podem ocorrer ao longo do processo de produção do conhecimento; e como controvérsias na ciência podem ser resolvidas. Assim, percebemos que embora nem todas as categorias epistêmicas funcionais contempladas no inventário das DCC tenham sido identificadas nas falas de Diana e Maria, os casos históricos possibilitaram reflexões sobre diversas etapas que constituem o processo de produção do conhecimento científico ou elementos presentes no mesmo.

Acreditamos que tais resultados podem ser justificados em função da perspectiva adotada para se abordar a HC na disciplina. Conforme destacado anteriormente, os casos históricos foram analisados sob a perspectiva da ciência em construção. Sendo assim, as discussões sobre HC foram norteadas por materiais que situam o leitor em relação aos conhecimentos que existiam em dado período histórico, como estes se desenvolveram, e sobre os contextos social, cultural, político e econômico da época. Além disso, o modo como

as discussões foram conduzidas pela professora da disciplina também favoreceu determinadas reflexões sobre NdC. Isso porque, diferente dos estudos baseados na abordagem explícito-reflexiva, as reflexões sobre as práticas científicas surgiram a partir de uma abordagem contextualizada de NdC. Assim, as reflexões foram feitas a partir de discussões sobre NdC que ocorreram ao longo das aulas e não a partir de aspectos de NdC transmitidos de maneira declarativa em determinados momentos. Considerando tais aspectos, acreditamos que a análise de casos históricos sob a perspectiva da ciência em construção pode favorecer reflexões sobre determinadas características da produção do conhecimento científico e, conseqüentemente, das afirmações científicas, na medida em que favorece pensar sobre diversas das etapas que constituem o processo de produção do conhecimento científico. Tais resultados demonstram que, diferente de um ensino declarativo de NdC norteado por listas de princípios, analisar a HC sob a perspectiva da ciência em construção favorece reflexões sobre NdC de maneira contextualizada o que, por sua vez, favorece a manifestação de visões críticas sobre a ciência e sobre seus modos de produção.

Os resultados deste estudo também apontam para a extensão com que a HC pode favorecer reflexões sobre NdC. Ainda que muitas das categorias contempladas no inventário das DCC tenham sido identificadas nas reflexões expressas pelas licenciandas, muitas outras não o foram. Acreditamos que tais resultados se justificam em função da natureza das discussões que podem emergir a partir de casos históricos. Nesse sentido, existem outras abordagens para o ensino de NdC – por exemplo, as atividades investigativas e os casos contemporâneos – que seriam mais eficazes para favorecer reflexões relacionadas aos aspectos de NdC que não foram discutidos a partir dos casos históricos. Isso corrobora o argumento defendido por Allchin *et. al.* (2014) de que os casos históricos e contemporâneos da ciência, bem como as atividades investigativas, devem ser utilizados conjuntamente se o objetivo é promover uma compreensão holística da ciência.

Outro aspecto que pode justificar a ocorrência destes resultados é o tempo de duração da disciplina, o qual não possibilitou que outros casos históricos fossem discutidos com igual profundidade. Se assim fosse, talvez outros aspectos de NdC tivessem emergido das discussões. No entanto, as limitações apontadas não tornam menos válida a utilização da HC como uma maneira de se discutir sobre NdC nos cursos de formação de professores. Considerando que se tratava de uma disciplina de Graduação que visava discutir, entre outras coisas, sobre a introdução de HC e NdC no ensino, os resultados obtidos neste trabalho se mostraram coerentes com o que era esperado.

Outra questão que nos propusemos a discutir neste trabalho é: qual a relevância das reflexões sobre NdC fomentadas a partir dos casos históricos para informar processos de tomada de decisão sociocientífica? Os dados obtidos indicam que a HC pode se constituir em uma experiência de aprendizagem frutífera para favorecer o pensamento crítico *sobre* NdC. Tal afirmação se mostra plausível tendo em vista que alguns dos aspectos de NdC identificados em reflexões expressas pelas licenciandas a partir dos casos históricos foram mencionados por elas como sendo importantes para o posicionamento sobre temas controversos da ciência ou para compreender sobre a ciência atual.

Estes resultados apontam para a importância de se ater aos processos que podem anteceder as tomadas de decisão. Conforme discutido anteriormente, o pensamento crítico sobre NdC contempla determinadas disposições e habilidades sem as quais uma pessoa não é capaz de tomar decisões bem informadas sobre tópicos relacionados à ciência. Além disso, compreender sobre NdC é algo que antecede – e, por isso, fundamental para – o engajamento em processos de tomada de decisão sociocientífica (YACOUBIAN, 2015). A partir destas considerações, percebemos que os casos históricos podem favorecer a manifestação da capacidade de pensar criticamente *sobre* NdC. Assim, acreditamos que o termo ‘pensamento crítico’ se mostra adequado para caracterizar o que se deseja alcançar a partir de uma compreensão *funcional* sobre NdC. Embora reconheçamos a pertinência e a importância dos processos de tomada de decisão, os mesmos não podem ocorrer de maneira satisfatória sem que, antes, o sujeito pense criticamente e compreenda *sobre* NdC.

Por fim, buscamos compreender ainda sobre a relevância das reflexões sobre NdC fomentadas a partir dos casos históricos para informar práticas docentes relacionadas ao ensino de NdC. Em relação a esta questão, os resultados obtidos apontam que as licenciandas utilizaram seus conhecimentos sobre NdC para inserir discussões relacionadas a esta temática em aulas simuladas. Nesse sentido, percebemos que elas refletiram sobre possíveis maneiras de abordar aspectos de NdC a partir de elementos que constituíam os casos históricos que elas haviam escolhido. Além disso, em alguns momentos, elas consideraram as concepções ingênuas sobre ciência que os estudantes podem manifestar como uma brecha para introduzir discussões de NdC.

O fato de as licenciandas não terem pelo menos implementado a aula simulada em um contexto real de ensino nos impossibilitou fazer qualquer afirmação sobre seus PCK de NdC. No entanto, percebemos que houve a manifestação de alguns conhecimentos importantes que podem sustentar futuras práticas docentes relacionadas ao ensino de NdC. Por isso, acreditamos que os casos históricos favoreceram não apenas a manifestação de

uma visão holística sobre a ciência, mas também o reconhecimento, por parte das licenciandas, sobre a importância de inserir discussões sobre NdC em suas aulas.

Estes resultados também apontam para o potencial de abordagens contextualizadas para o ensino de NdC, especialmente quando os comparamos aos resultados obtidos a partir de estudos baseados na abordagem explícito-reflexiva. Por exemplo, as reflexões relacionadas a um amplo espectro de aspectos de NdC e as mudanças identificadas nas visões de ciência das licenciandas se diferem dos resultados obtidos por Rudge *et. al.* (2014), Williams e Rudge (2016), Çetinkaya-Aydın e Çakıroğlu (2017). Além disso, a inserção de discussões sobre NdC nas aulas simuladas e as considerações sobre possíveis concepções ingênuas sobre a ciência por parte de estudantes são dados que diferem daqueles obtidos a partir de estudos que utilizaram a abordagem explícito-reflexiva nos cursos de formação de professores (por exemplo, AKERSON *et. al.*, 2017).

Os resultados obtidos em nosso estudo também apontam para a pertinência de se avaliar conhecimentos de NdC de forma processual e contextualizada. Nesse sentido, os estudos de caso produzidos possibilitaram a compreensão de como determinados elementos dos casos históricos favoreceram algumas reflexões expressas pelas licenciandas, como suas visões de ciência se modificaram ao longo da disciplina, e como elas utilizaram seus conhecimentos sobre NdC na elaboração da aula simulada. Por isso, acreditamos que o contexto de coleta de dados e a metodologia que sustentou este processo se mostraram frutíferos para investigar o potencial de abordagens contextualizadas para o ensino de NdC, especialmente quando comparadas a questionários do tipo *VNOS-C*, *VOSI* ou *SUSSI*. Conforme destacado anteriormente, tais questionários apresentam limitações que os tornam inviáveis se o objetivo é compreender em que extensão determinadas concepções sobre NdC se manifestam ao longo, ou em função, de um curso, sequência didática ou atividade. Além disso, estes questionários não são capazes de caracterizar processos mais minuciosos e complexos, tais como a utilização de conhecimentos de NdC para tomar decisões ou para elaborar estratégias instrucionais que são essencialmente importantes para professores.

Os resultados obtidos neste trabalho também favoreceram reflexões acerca de suas possíveis implicações para a pesquisa na área de Educação em Ciências. Uma delas é a necessidade de que mais pesquisas sejam conduzidas visando investigar como a compreensão sobre NdC pode contribuir para informar processos de tomada de decisão sociocientífica. Em nosso estudo, identificamos a pertinência de abordagens contextualizadas para favorecer o pensamento crítico sobre NdC. Além disso, as reflexões expressas pelas licenciandas também indicam a manifestação de conhecimentos sobre NdC.

Entretanto, a disciplina IHQE não contemplou atividades nas quais as licenciandas tivessem que utilizar seus conhecimentos sobre NdC para a tomada de decisões sociocientíficas. Tal aspecto impossibilitou a compreensão de como e em que extensão os conhecimentos sobre NdC são utilizados ao tomar decisões sobre tópicos relacionados à ciência. Sobre esta questão, identificamos que há uma lacuna na literatura no que diz respeito à contribuição de abordagens contextualizadas para favorecer uma compreensão holística sobre NdC e como tal compreensão é utilizada para tomar decisões sobre tópicos relacionados à ciência. Desta maneira, identificamos a necessidade de que mais estudos sejam conduzidos visando compreender como e quais conhecimentos sobre NdC são realmente relevantes nos processos de tomada de decisão.

Uma segunda implicação é a necessidade de que mais estudos sejam conduzidos visando investigar como abordagens contextualizadas de NdC podem contribuir para o desenvolvimento de elementos do PCK de NdC de licenciandos e de professores. Embora nossos resultados apontem para a relevância deste tipo de abordagem para a manifestação de alguns conhecimentos constituintes do PCK de NdC, não foi possível compreender e afirmar se houve o desenvolvimento do PCK de NdC das licenciandas. Nesse sentido, ainda que elas tenham considerado sobre as visões ingênuas sobre ciência que os estudantes podem manifestar e ainda que tenham inserido aspectos de NdC nas aulas simuladas, as mesmas não foram implementadas em um contexto real de ensino. Considerando estes aspectos, julgamos pertinente a realização de estudos que investiguem a relação entre a compreensão de NdC e o desenvolvimento dos conhecimentos que constituem o PCK de NdC, bem como o potencial de abordagens contextualizadas de NdC para o desenvolvimento destes conhecimentos. Em relação a estas questões, alguns dos estudos recentes que buscam investigar a relação entre os conhecimentos de NdC e o PCK de NdC de licenciandos se baseiam na abordagem explícito-reflexiva (por exemplo, DEMIRDÖĞEN *et. al.*, 2016; AKERSON *et. al.*, 2017). Contudo, os resultados destes estudos apontam para limitações deste tipo de abordagem para favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos de NdC de licenciandos ou professores, bem como para favorecer a articulação entre estes conhecimentos no planejamento e condução de práticas docentes. Considerando estas limitações, as abordagens contextualizadas de NdC podem se constituir em uma alternativa frutífera para nortear pesquisas futuras nesse sentido.

Por fim, os resultados obtidos neste estudo apontam para o potencial dos casos históricos para favorecer reflexões e o pensamento crítico sobre NdC, bem como para orientar futuras práticas docentes relacionadas ao ensino deste tema. Além disso, percebemos que a utilização de casos históricos no contexto de uma disciplina de um curso

de licenciatura em Química se mostrou relevante para além do potencial de nortear discussões sobre NdC. Nesse sentido, as reflexões expressas pelas licenciandas – especialmente no momento da entrevista – indicam a manifestação de visões críticas sobre a influência do contexto político, econômico e social na produção do conhecimento científico, e o modo como a não neutralidade da ciência, especialmente no que diz respeito aos financiamentos de pesquisa, deve ser algo a ser considerado ao se posicionar sobre temas controversos da ciência. Além disso, os casos históricos favoreceram reflexões sobre o modo como a ciência não está isenta de relações de poder que permeiam a sociedade, especialmente aquelas relacionadas às desigualdades de gênero. Assim, os casos históricos se apresentam como uma abordagem que favorece reflexões que vão muito além de uma lista de aspectos de NdC, favorecendo uma visão holística de como a ciência está intimamente relacionada ao contexto cultural e social que nos cerca. Esta visão holística sobre a ciência se mostra relevante especialmente no contexto da formação de professores, tendo em vista que estes serão, futuramente, os responsáveis por fomentar discussões e levantar questionamentos que contribuam para que os estudantes também reflitam sobre a ciência e suas relações com a sociedade.

Atualmente, nosso país convive com a possibilidade de implantação de uma educação básica que suprima o pensamento crítico e a criatividade por parte de professores e estudantes. À luz dessa conjuntura, promover uma Educação em Ciências que contribua para a formação de sujeitos questionadores se mostra não apenas algo desejável, mas fundamental. Nesse contexto, a formação de professores deve, mais do que nunca, ser alvo da nossa atenção, uma vez que são justamente estes futuros professores que precisarão dispor de ferramentas e conhecimentos que os auxiliem na elaboração de práticas docentes que fomentem o raciocínio lógico, a criatividade e uma visão crítica sobre a ciência e a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAAS. **Benchmarks for Scientific Literacy**. New York: American Association for the Advancement of Science, 2009.

ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S; DUSCHL, R.; LEDERMAN, N. G.; MAMLOK-NAAMAN, R.; HOFSTEIN, A.; NIAZ, M.; TREAGUST, D.; TUAN, H. Inquiry in Science Education: International Perspectives. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 397–419, 2004.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665–701, 2000.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. M. La controversia Pasteur vs. Pouchet sobre la generación espontánea: un recurso para la formación inicial del profesorado en la naturaleza de la ciencia desde un enfoque reflexivo. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 4, p. 913–933, 2016.

AKERSON, V. L.; PONGSANON, K.; PARK ROGERS, M. A; CARTER, I.; GALINDO, E. Exploring the Use of Lesson Study to Develop Elementary Preservice Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching Nature of Science. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, n. 2, p. 293–312, 2017.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518–542, 2011.

_____. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. 1 ed. Saint Paul: SHiPS Educational Press, 2013.

_____. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1911–1932, 2014.

_____. Beyond the Consensus View: Whole Science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 18–26, 2017.

ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 461–486, 2014.

ALMEIDA, B. C.; JUSTI, R. O Caso Histórico Marie Curie: Investigando o potencial da História da Ciência para favorecer reflexões de professores em formação sobre Natureza da Ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, no prelo.

BOSTON WORKING GROUP. How Can History and Philosophy of Science Contribute to

Understanding Nature of Science for Scientific Literacy?: Mapping research needs. In: **Conference on How Can the History and Philosophy of Science Contribute to Contemporary U.S. Science Teaching**. Boston: Boston University, 2013.

BOURDIEU, P. Compreender. In: BOURDIEU, P. (Ed.). **A miséria do mundo**, Petrópolis: Editora Vozes, 1997, p. 693-723.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences : The Debate Between Biot. **Science & Education**, v. 21, n. 6, p. 921–934, 2012.

CARVALHO, L. M. A Natureza da Ciência e o Ensino das Ciências Naturais: Tendências e Perspectivas na Formação de Professores. **Pro-Posições**, v. 12, n. 1, p. 139–150, 2001.

ÇETINKAYA-AYDIN, G.; ÇAKIROĞLU, J. Learner Characteristics and Understanding Nature of Science: Is There an Association? **Science & Education**, v. 26, n. 7–9, p. 919–951, 2017.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 7 ed. London: Routledge, 2011.

CRAVEN III, J. A.; HAND, B.; PRAIN, V. Assessing explicit and tacit conceptions of the nature of science among preservice elementary teachers. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 8, p. 785–802, 2002.

DEMIRDÖĞEN, B.; HANUSCIN, D. L.; UZUNTIRYAKI-KONDAKCI, E.; KÖSEOĞLU, F. Development and Nature of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science. **Research in Science Education**, v. 46, n. 4, p. 575–612, 2016.

EASTWOOD, J. L.; SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L.; LEWIS, A.; AMIRI, L.; APPLEBAUM, S. Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 15, p. 2289–2315, 2012.

ENNIS, R. H. Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and Needed Research. **Educational Researcher**, v. 18, n. 3, p. 4–10, 1989.

FORATO, T. C. DE M.; MARTINS, R. D. A.; PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 657–682, 2012.

FOUAD, K. E.; MASTERS, H.; AKERSON, V. L. Using History of Science to Teach Nature of Science to Elementary Students. **Science & Education**, v. 24, n. 9–10, p. 1103–1140, 2015.

GARCÍA-CARMONA, A.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A. Understanding the Nature of Science Through

a Critical and Reflective Analysis of the Controversy Between Pasteur and Liebig on Fermentation. **Science & Education**, v. 26, n. 1-2, p. 65-91, 2017.

GARCÍA-CARMONA, A.; ACEVEDO DÍAZ, J. A. Learning About the Nature of Science Using Newspaper Articles with Scientific Content: A Study in Initial Primary Teacher Education. **Science & Education**, v. 25, n. 5-6, p. 523-546, 2016.

GRACE, M. Developing High Quality Decision- Making Discussions About Biological Conservation in a Normal Classroom Setting. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 4, p. 551-570, 2009.

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, n. 7, p. 591-607, 2011.

JACCOUD, M.; MAYER, R. A observação direta e a pesquisa qualitativa. In: POUPART, J.; DESLAURIES, J.; GROULX, L.; LAPERRIÈRE, A.; MAYER, R.; PIRES, A (Orgs.). **A pesquisa qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Editora Vozes, 2010, p. 254-295.

JUSTI, R.; GILBERT, J. A cause of ahistorical science teaching: use of hybrid models. **Science Education**, v. 83, n. 2, p. 163-177, 1999.

JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. Discussion of the Controversy Concerning a Historical Event Among Pre-service Teachers: Contributions to Their Knowledge About Science, Their Argumentative Skills, and Reflections About Their Future Teaching Practices. **Science & Education**, v. 25, n. 7-8, p. 795-822, 2016.

KHISHFE, R. Nature of Science and Decision-Making. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 1, p. 67-100, 2012.

KOLSTØ, S. D. Science education for democratic citizenship through the use of the history of science. **Science & Education**, v. 17, n. 8-9, p. 977-997, 2008.

LATOUR, B. **Science in action**. 1 ed. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEDERMAN, N. G. Syntax of Nature of Science Within Inquiry and Science Instruction. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher education**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 301-317.

- LEDERMAN, N. G.; O'MALLEY, M. Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. **Science Education**, v. 74, n. 2, p. 225–239, 1990.
- LEE, Y. C. Socio-Scientific Issues in Health Contexts: Treading a rugged terrain. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 3, p. 459–483, 2012.
- LEE, Y. C.; GRACE, M. Students' reasoning and decision making about a socioscientific issue: A cross-context comparison. **Science Education**, v. 96, n. 5, p. 787–807, 2012.
- MADAME Curie. Direção: Mervin Leroy. Produção: Sidney Franklin. Estados Unidos, Metro-Goldwyn-Mayer, 1943. DVD (124 minutos)
- LIANG, L. L.; CHEN, S.; CHEN, X.; KAYA, O. N.; ADAMS, A. D.; MACKLIN, M.; EBENEZER, J. Assessing pre-service elementary teachers' views on the nature of scientific knowledge: A dual-response instrument. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 9, n. 1, p. 1–20, 2008.
- MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1999. p. 95–132.
- MATTHEWS, M. R. Discipline-based philosophy of education and classroom teaching. **Theory and Research in Education**, v. 12, n. 1, p. 98–108, 2014.
- MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2–3, p. 249–263, 2008.
- MESCI, G.; SCHWARTZ, R. Changing Preservice Science Teachers' Views of Nature of Science: Why Some Conceptions May be More Easily Altered than Others. **Research in Science Education**, v. 47, n. 2, p. 329–351, 2017.
- NIELSEN, K. H. Scientific Communication and the Nature of Science. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2067–2086, 2013.
- NRC. **A framework for K-12 Science Education: Practice, Crosscutting Concepts and Core Ideas**. Washington, DC: The National Academic Press, 2012.
- OECD. **Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006**. Paris: PISA, OECD Publishing, 2006.
- PARK, S.; CHEN, Y. C. Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): examples from high school biology classrooms. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 7, p. 922–941, 2012.

PITANGA, Â. F.; SANTOS, H. B.; GUEDES, J.T., FERREIRA, W. M.; SANTOS, L. D. História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como Objeto de Investigação. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 1, p. 11–17, 2014.

POWELL, A. B.; FRANCISCO, J. M.; MAHER, C. A. Uma Abordagem à Análise de Dados de Vídeo para Investigar o Desenvolvimento das Idéias Matemáticas e do Raciocínio de Estudantes. **Bolema**, v. 17, n. 21, p. 81–140, 2004.

PUGLIESE, G. Um sobrevôo no “ Caso Marie Curie ”: um experimento de antropologia, gênero e ciência. **Revista de Antropologia**, v. 50, n. 1, p. 348–385, 2007.

REINERS, C. S.; BLIERSBACH, M.; MARNIOK, K. The Cultural Argument for Understanding Nature of Science: A Chance to Reflect on Similarities and Differences Between Science and Humanities. **Science & Education**, v. 26, n. 5, p. 583–610, 2017.

ROMANELLI, L.; JUSTI, R. **Aprendendo Química**. 1 ed. Ijuí: Editora Unijuí, 1998.

RUDGE, D. W.; CASSIDY, D. P.; FULFORD, J. M.; HOWE, E. M. Changes Observed in Views of Nature of Science During a Historically Based Unit. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1879–1909, 2014.

RUDGE, D. W.; HOWE, E. M. An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. **Science & Education**, v. 18, n. 5, p. 561–580, 2009.

RUDOLPH, J. L. Reconsidering ‘nature of science’ as a curriculum component. **Journal of Curriculum Studies**, v. 32, n. 3, p. 403–419, 2000.

RUDOLPH, J. L.; HORIBE, S. What do we mean by science education for civic engagement? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 53, n. 6, p. 805–820, 2016.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: Aplicação no ensino superior de Química. **Educacion Química**, v. 24, n. extraord. 2, p. 522–528, 2013.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 4, p. 387–409, 2004.

SANTOS, M. Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 641–668, 2018.

SCHIFFER, H.; GUERRA, A. Electricity and Vital Force : Discussing the Nature of Science

- Through a Historical Narrative. **Science & Education**, v. 24, n. 4, p. 409–434, 2015.
- SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, n. 15, v. 2, p. 4-14, 1986.
- SMITH, M. U.; SCHARMANN, L. C. Defining versus Describing the Nature of Science : A Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators. **Science Education**, v. 83, n. 4, p. 493–509, 1999.
- TAO, P. Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 2, p. 147–172, 2003.
- VERGARA, P. O. C. Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. **Revista Eureka sobre Enseñanza e Divulgación de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 34–53, 2014.
- WAHBEH, N.; ABD-EL-KHALICK, F. Revisiting the Translation of Nature of Science Understandings into Instructional Practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 3, p. 425–466, 2014.
- WANG, H. A.; MARSH, D. Science Instruction with a Humanistic Twist: Teachers' Perception and Practice in Using the History of Science in Their Classrooms. **Science & Education**, v. 11, n. 2, p. 169–189, 2002.
- WILLIAMS, C. T.; RUDGE, D. W. Emphasizing the History of Genetics in an Explicit and Reflective Approach to Teaching the Nature of Science: A Pilot Study. **Science & Education**, v. 25, n. 3–4, p. 407–427, 2016.
- YACOUBIAN, H. A. A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 15, n. 3, p. 248–260, 2015.
- YACOUBIAN, H. A. Scientific literacy for democratic decision-making. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 3, p. 308–327, 2018.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos I**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; APPLEBAUM, S. CALLAHAN, B. E. Advancing reflective judgment through socioscientific issues. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 1, p. 74–101, 2009.

ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO I²⁰

Questionário Inicial

Sobre você

1. Durante a graduação, você fez Iniciação Científica ou desenvolveu algum outro trabalho de pesquisa?
2. *Em caso de resposta afirmativa na questão 1:* Em que área você fez Iniciação Científica ou desenvolveu algum outro trabalho de pesquisa?
3. *Em caso de resposta afirmativa na questão 1:* Em termos de sua formação científica, quais foram suas experiências mais significativas na Iniciação Científica ou no trabalho de pesquisa? Justifique sua resposta.
4. Você já participou de alguma conferência científica?
5. *Em caso de resposta afirmativa na questão 4:* Qual?
6. *Em caso de resposta afirmativa na questão 4:* O que motivou sua participação nessa(s) conferência(s)?
7. *Em caso de resposta afirmativa na questão 4:* Em termos de sua formação científica, quais foram suas experiências mais significativas ao participar dessa(s) conferência(s)? Justifique sua resposta.
8. Você já viveu outra experiência que contribuiu para sua formação científica? Identifique-a e comente sobre como ela contribuiu para isso.
9. Você já cursou / ou está cursando alguma das disciplinas História da Química (A e B)? Quando?
10. *Em caso de resposta afirmativa na questão 9:* Como você analisa o seu conhecimento sobre História da Química? Por quê?
11. Por que você se matriculou nesta disciplina?
12. Quais são suas expectativas?
13. Você já leu artigos ou livros sobre o tema desta disciplina (fora do material lido na disciplina História da Química)? Quais? Por que você leu esses materiais?

Sobre sua visão de ciência e história da ciência

14. Suponha que você tem um colega de outra área completamente diferente da ciência e cujo único contato com ciências aconteceu na escolaridade básica. Se você tivesse que explicar o que é ciência para esse colega, o que diria? Quais características enfatizaria para ajudar seu colega a desenvolver um bom entendimento sobre ciência?
15. O que uma pessoa precisa aprender para que você considere que ela entende ciências?
16. Como os cientistas decidem quais questões serão investigadas?
17. Por que cientistas fazem experimentos?

²⁰ Atividade elaborada pela professora da disciplina.

18. Que critérios são usados para distinguir um bom trabalho científico de outro que é ruim?
19. Por que alguns trabalhos científicos permanecem sendo discutidos ao longo do tempo enquanto outros são esquecidos?
20. Como os conflitos de ideia são resolvidos na ciência?
21. O que distingue um conhecimento científico de um não científico?
22. O que você diria para um colega que afirmasse: 'Não entendo porque tanto interesse em História da Química. O que importa é a Química.' Independente de qual seja a sua opinião, argumente da forma mais completa possível.
23. O que você diria para um colega que afirmasse: 'Não vejo o menor sentido em introduzir História da Ciência no ensino. O que importa é o aluno aprender o conteúdo.' Independente de qual seja a sua opinião, argumente da forma mais completa possível.

ANEXO 2 - GUARDACHUVOLOGIA²¹

Atividade 1: Sobre Ciências...

1. Leia o texto a seguir:

“Um cientista recebeu uma carta de um colega alegando ter descoberto uma nova ciência chamada “guardachuvalogia”. Por 18 anos, este colega fez entrevistas de porta em porta questionando sobre: (i) o número de guarda-chuvas existentes na casa; (ii) seus tamanhos; (iii) seus pesos; (iv) suas cores. Os resultados deste estudo foram publicados em nove volumes. Ele elaborou hipóteses que foram testadas, levando à proposição de um grande número de teorias e leis, como, por exemplo, a Lei da Variação da Cor Relativa ao Sexo do Dono (guarda-chuvas de mulheres tendem a ter uma maior variedade de cores, enquanto os de homens são quase sempre pretos). A esta lei, foi também dada uma formulação estatística. O proponente da nova ciência destacava também o poder da guardachuvalogia para prever o dono do guarda-chuva, sua base empírica e estatística etc. Entretanto, o autor da carta tinha um amigo que não se convencia de que a guardachuvalogia era uma ciência e solicitava ajuda do cientista no sentido de uma tomada de posição.”

2. Responda as seguintes questões:

- A guardachuvalogia é uma ciência ou não?
- Por quê? OU O que a faz mais (ou menos) científica?

²¹ Atividade elaborada pela professora da disciplina a partir do texto originalmente produzido por Smith e Scharmann (1999).

ANEXO 3 – HISTÓRIA DA QUÍMICA EM LIVROS DIDÁTICOS²²

1. Identifique, em um livro didático de Química destinado ao Ensino Médio, três exemplos de situações nas quais você considera que os autores utilizaram algum aspecto de História da Química. Caracterize cada uma delas, isto é, descreva-as de modo que uma pessoa que não tem acesso ao livro possa entender perfeitamente como a História da Química está presente em cada situação.
2. Faça uma análise crítica de como a História da Química está inserida em cada uma dessas situações.

Para cada uma dessas situações, discuta sobre as vantagens e desvantagens da inserção da História da Química em termos de possíveis contribuições para a aprendizagem dos alunos. Tais contribuições devem ser claramente caracterizadas.

²² Atividade elaborada pela professora da disciplina.

ANEXO 4 - OUTRAS VISÕES DA HISTÓRIA DA QUÍMICA EM LIVROS²³

Uma análise mais sistematizada de como a História da Química tem sido inserida em livros didáticos foi realizada por alguns professores de Sergipe e publicada em:

Pitanga, A.F., Santos, H.B., Guedes, J.T., Ferreira, W.M., & Santos, L.D. (2014). História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como objeto de investigação. *Química Nova na Escola*, 36(1), 11-17.

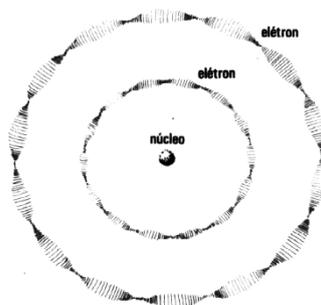
1. Leia o artigo e sintetize os principais critérios de análise identificados pelos autores.
2. Discuta os aspectos identificados e comentados na Atividade anterior à luz desses critérios.

²³ Atividade elaborada pela professora da disciplina.

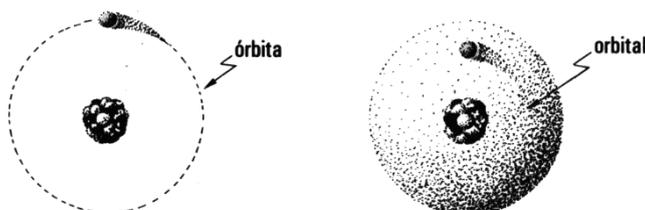
ANEXO 5 – ANALISANDO A HC EM MATERIAIS INSTRUCIONAIS²⁴

Em termos de ensino de Química, muitos autores de livros e professores afirmam que utilizam uma “abordagem histórica” para o tema modelos atômicos. Mas, na maioria das vezes, isto é feito a partir de algumas situações específicas.

1. Em cada uma das situações abaixo, identifique o que existe de “estranho”.
 - A. Um livro didático descreve o comportamento de elétrons absorvendo e liberando energia enquanto se movimentam entre órbitas distintas como uma evidência que leva à elaboração do modelo atômico de Bohr.
 - B. Um livro didático, durante a discussão sobre mecânica quântica, depois de afirmar que de Broglie propôs que os elétrons se comportassem simultaneamente como partículas e ondas, apresenta a seguinte ilustração:

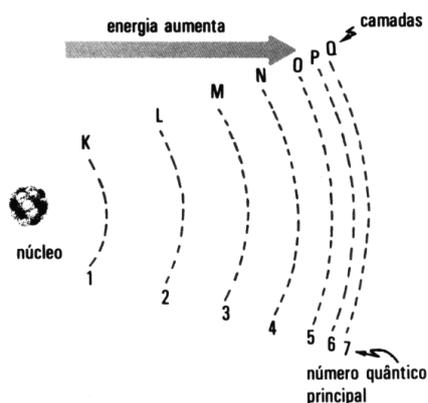


- C. O mesmo livro afirma que a ideia de orbital é uma característica básica do modelo da mecânica Quântica. Em seguida um átomo é representado de duas maneiras:

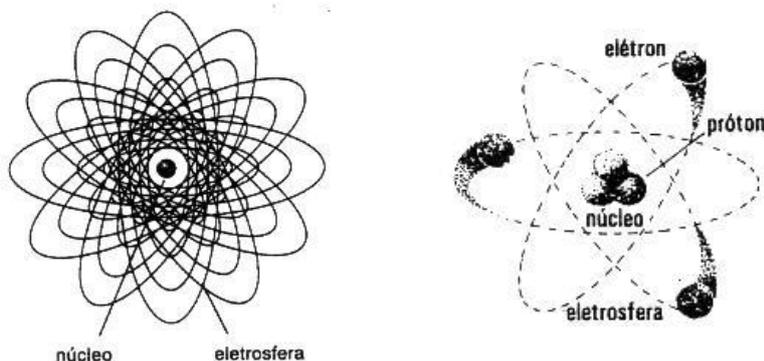


Depois disso, o livro afirma que a identidade do elétron é dada por seus números quânticos e mostra a seguinte representação:

²⁴ Atividade elaborada pela professora da disciplina.



- D. Um determinado livro afirma que, de acordo com Thomson: “a matéria seria formada por átomos igualmente neutros, constituídos de igual número de partículas fundamentais: prótons e elétrons. Como a massa dos elétrons era insignificante quando comparada com a dos prótons, a massa do átomo equivalia praticamente à dos prótons. Os elétrons, uniformemente distribuídos entre os prótons, garantiriam o equilíbrio elétrico.”
- E. Livros didáticos apresentam os seguintes desenhos para o modelo de Rutherford:



- F. Um livro didático apresenta a seguinte afirmativa: “Considerando que NaOH é uma base forte, Na^+ é um ácido conjugado extremamente fraco. Conseqüentemente, ele não apresenta tendência de reagir com água par formar NaOH e íons H^+ .”
2. Quais seriam as conseqüências de utilização de situações como estas no ensino?

ANEXO 6 – KITS DE CASOS HISTÓRICOS²⁵

Considere um dos kits de textos abaixo identificados.

1. Leia os textos de seu kit.
2. Elabore uma maneira criativa de “contar a história” presente nos textos para os demais alunos da turma.
3. Identifique os aspectos sobre Ciência, isto é, que podem caracteriza-la, evidenciados nos textos. Faça uma lista e justifique como você percebeu tais aspectos.

Kit Casos Diversos

1. Farias, R. F. (2008). “*Karl Friedrich Mohr: Protagonista, não coadjuvante*”, Para gostar de ler a História da Química, cap. 2, v.1, 3ª Ed., Campinas – SP, Ed. Átomo, p. 19-25.
2. A Esperança de Pandora: Ensaio sobre a realidade dos estudos científicos (Bruno Latour, 2001, Cap. 3).
3. A Esperança de Pandora: Ensaio sobre a realidade dos estudos científicos (Bruno Latour, 2001, Cap. 4).
4. Ciência em ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora (Bruno Latour, 2000, Cap. 3).

Kit Controvérsias

1. Grandes Debates da Ciência: dez das maiores contendas de todos os tempos. (Hal Hellman, UNESP, 1999, Cap. 3).
2. Grandes Debates da Ciência: dez das maiores contendas de todos os tempos. (Hal Hellman, UNESP, 1999, Cap. 10).
3. Martins, R. A. (1990). “*Como Becquerel não descobriu a radioatividade*”, Caderno Catarinense de Ensino de Física, 7(especial), 27-45.
4. Martins, R. A. (2004). “*Hipóteses e Interpretação Experimental: A Conjetura de Poincaré e a Descoberta da Hiperfosforescência por Becquerel e Thompson*”, Ciência & Educação, 10(3), 501-516.

²⁵ Atividade elaborada pela professora da disciplina.

ANEXO 7 - ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE A HIPÓTESE DE AVOGADRO²⁶

1. O que você sabe sobre a proposição da hipótese de Avogadro?
2. Leia os textos disponibilizados e procure outros que expliquem como a Hipótese de Avogadro foi elaborada.

Textos:

Avogadro's Hypothesis. <http://digipac.ca/chemical/molemass/avogadro.htm>

Amadeo Avogadro 1776-1856. Education in Chemistry:

<https://eic.rsc.org/feature/amadeo-avogadro-1776-1856/2020088.article>

História Ilustrada da Ciência, vol. 4, p. 38-40 (páginas disponíveis no Google books)

3. A partir dessas leituras, faça um esquema destacando a evolução das ideias que levaram à proposição desta hipótese.

²⁶ Atividade elaborada pela professora da disciplina.

ANEXO 8 - HIPÓTESE DE AVOGADRO E COMPORTAMENTO DE SUBSTÂNCIAS GASOSAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E PRESSÃO²⁷

DISCUSSÃO ORIENTADA 1. COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES SUBSTÂNCIAS GASOSAS

INTRODUÇÃO

Vimos na Unidade 1 que uma substância no estado sólido pode passar para o estado líquido quando o sistema em que ela se encontra recebe calor até o ponto em que sua temperatura de fusão é atingida. De forma análoga, uma substância no estado líquido pode passar para o estado gasoso quando o sistema em que ela se encontra recebe calor até o ponto em que sua temperatura de ebulição é atingida.

PARTE A

Questões

1. Considerando o que você já estudou sobre as substâncias e suas mudanças de estado, cite pelo menos duas diferenças entre as partículas de uma substância quando ela se encontra no estado líquido e quando ela se encontra no estado gasoso.
2. Estudamos na Unidade 1 que a densidade pode dar uma ideia da agregação das partículas de uma substância. Sendo assim, e considerando sua resposta à questão anterior, como você compara a densidade de uma substância no estado líquido e no estado gasoso?

PARTE B

Suponha que você tenha dois balões plásticos (como os utilizados nas festas de aniversário). Um deles você sopra até atingir um certo volume. O outro você leva ao parque de diversões e pede a um vendedor de balões para enchê-lo com o gás do cilindro até atingir o mesmo volume.

Questões

3. Se acaso você os soltasse, o que aconteceria? Por quê?
4. Lembrando que os volumes dos balões são iguais e considerando a sua resposta anterior, o que você pode afirmar sobre as massas dos gases presentes nos balões?

PARTE C

Constatamos na Parte B que a densidade dos diferentes gases é diferente. Isto já era previsível tendo em vista ser a densidade uma propriedade característica de cada substância.

²⁷ Atividade retirada de Romanelli e Justi (1998).

Questão

5. Representando as partículas constituintes dos gases por bolinhas, proponha um modelo que explique porque o mesmo volume de substâncias gasosas diferentes apresenta massas diferentes.

PARTE D

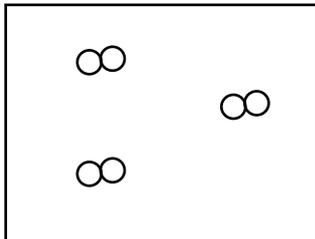
Dentre as experiências realizadas nas Unidades anteriores foi a eletrólise da água a que envolveu a observação de substâncias no estado gasoso. Naquela experiência, os gases hidrogênio e oxigênio foram produzidos, sendo que o volume de gás hidrogênio era o dobro do volume de gás oxigênio.

Uma certa quantidade de carga elétrica foi responsável pela formação, no polo positivo, de um certo número de partículas de gás oxigênio (O_2). Esta mesma quantidade de carga, de natureza oposta, fez com que fosse formado, no outro polo, o dobro de partículas de gás hidrogênio ($2H_2$).

Sendo a carga em cada eletrodo de natureza diferente os fenômenos neles ocorridos são diferentes. Além dos gases hidrogênio e oxigênio, são formadas em cada um dos eletrodos outras espécies que permanecem dissolvidas na água.

Questões

6. A figura a seguir representa um certo volume de gás oxigênio formado a partir da eletrólise da água.



Represente o volume e as partículas do gás hidrogênio que se formam simultaneamente.

7. Como já foi visto, a eletrólise da água produz volumes diferentes de gases. Na Parte C, chegamos à conclusão de que um mesmo volume de substâncias gasosas diferentes possui massas diferentes. Alguns modelos foram propostos, então, para tentar explicar este fato. Porém, para decidir qual dos modelos é mais adequado precisamos considerar um mesmo volume dos dois gases produzidos.

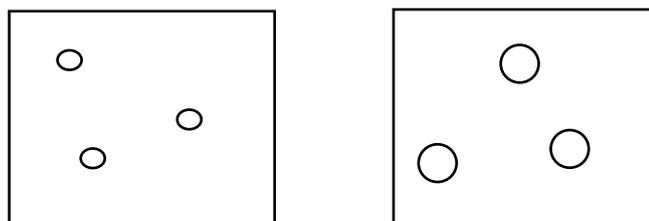
Tendo em vista a ilustração da questão anterior e as considerações anteriores, represente as partículas dos gases hidrogênio e oxigênio que ocupam um mesmo volume.

8. Confronte as representações feitas na questão anterior com os modelos formulados na questão 5. Qual daqueles modelos é o mais adequado? Por quê?

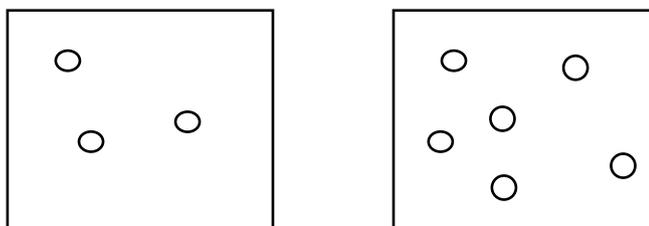
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do comportamento dos balões, discutido na Parte B, inferimos que a densidade daqueles gases era muito diferente. Como a densidade pode ser expressa como a massa de uma substância por unidade de volume e considerando que o volume dos balões era o mesmo, chegamos à conclusão que O MESMO VOLUME DE SUBSTÂNCIAS GASOSAS DIFERENTES POSSUI MASSA DIFERENTE.

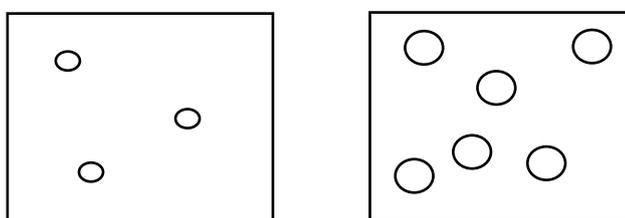
Pensando nas partículas componentes das substâncias, três modelos podem ter sido propostos para explicar este fato. Eles estão representados na Figura 3.1.



A . Igual número de partículas de massas diferentes



B . Diferente número de partículas de mesma massa



C . Diferente número de partículas de massas diferentes

Figura 3.1. Esquema dos três modelos

Convém lembrar que a densidade das substâncias gasosas é extremamente baixa, isto é, na maior parte de seu volume existem espaços vazios. Isto significa que o tamanho das partículas e dos espaços nos esquemas da Figura 3.1 não estão representados proporcionalmente.

Havíamos observado, entretanto, que quando a água era submetida à eletrólise, o volume de gás hidrogênio formado era o dobro do de gás oxigênio. Pesquisas já realizadas, e discutidas na Parte D, determinaram também que o número de partículas de gás hidrogênio formadas é sempre o dobro do número de partículas de gás oxigênio formadas simultaneamente.

A partir dos modelos propostos para explicar o fato de um mesmo volume de substâncias gasosas diferentes apresentar massas diferentes, passamos a considerar, então, metade do volume de gás hidrogênio produzido, como se encontra indicado na Figura 3.2.

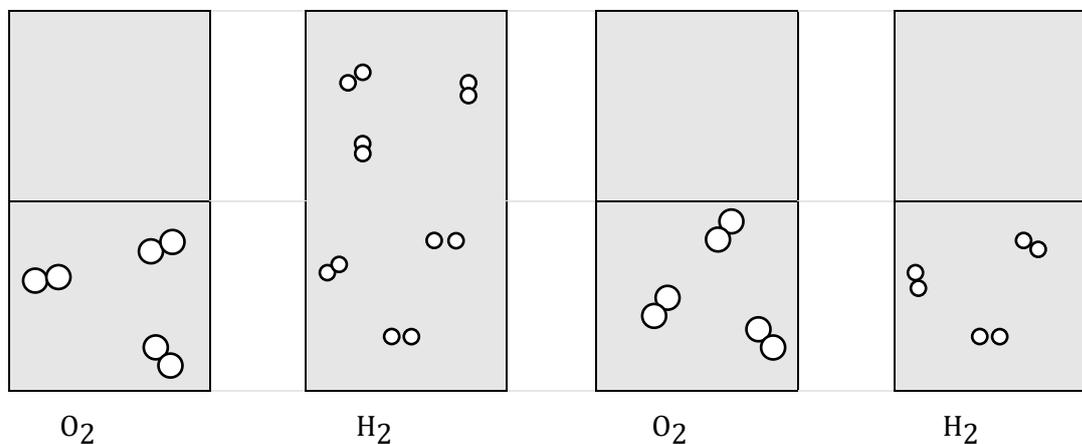


Figura 3.2. Representação das partículas dos gases produzidos na eletrólise da água

Nessa situação, o número de partículas de gás hidrogênio e de gás oxigênio presentes em um mesmo volume é o mesmo. Sendo assim, para que seja explicado o fato de os mesmos volumes de substâncias gasosas diferentes possuírem massas diferentes é necessário considerar que a massa das partículas das diferentes substâncias é diferente.

Desta forma podemos concluir que o modelo que mais adequadamente explica a questão considerada é aquele representado em **A** na Figura 3.1, ou seja, **UM MESMO VOLUME DE SUBSTÂNCIAS GASOSAS DIFERENTES APRESENTA O MESMO NÚMERO DE PARTÍCULAS DE MASSAS DIFERENTES**. Todas essas considerações são válidas quando os diferentes gases estão nas mesmas condições de temperatura e pressão.

DISCUSSÃO ORIENTADA 2. A RELAÇÃO ENTRE AS MASSAS E O NÚMERO DE PARTÍCULAS

INTRODUÇÃO

Na discussão anterior você pode concluir que um mesmo volume de substâncias gasosas diferentes contém o mesmo número de partículas e que estas partículas possuem massas diferentes.

Nesta Discussão Orientada você vai estudar mais detalhadamente estes aspectos para que tenha dados mais precisos sobre a quantidade de uma determinada substância presente em um sistema.

PARTE A

Sabemos que a densidade de uma substância quando esta se encontra no estado gasoso é muito baixa. Observe os valores de densidade de alguns gases mais comuns listados na Tabela 1.

Tabela 1

Substância	Fórmula	Densidade (g/L)
Gás hidrogênio	H ₂	0,0899
Gás oxigênio	O ₂	1,429
Gás carbônico	CO ₂	1,977

Questões

1. Se tivéssemos um balão com 10 litros de gás hidrogênio qual seria a massa desta substância?
2. Se tivéssemos um balão com 10 litros de gás oxigênio qual seria a massa desta substância?
3. Calcule a razão entre a massa de gás oxigênio que ocupa o volume de 10 litros e a massa de gás hidrogênio que ocupa este mesmo volume nas mesmas condições de temperatura e pressão.
4. Quantas vezes a massa do volume de 10 litros de gás oxigênio é maior do que a massa do volume de 10 litros de gás hidrogênio?
5. a. Quantas vezes a massa de UMA PARTÍCULA de gás oxigênio (O₂) é maior do que a massa de UMA PARTÍCULA de gás hidrogênio (H₂)?
b. Por que você pode chegar a esta conclusão?
6. a. Quantas vezes a massa de UM ÁTOMO de oxigênio é maior que a massa de UM ÁTOMO de hidrogênio?
b. Por que você pode chegar a esta conclusão?

PARTE B

Quando você calculou a massa de 10 litros de gás oxigênio e de gás hidrogênio encontrou, respectivamente, os valores 14,29 e 0,899 g. Ao relacionar estas massas você chegou à conclusão que:

$$\frac{m_{\text{O}_2} \quad 14,29 \text{ g}}{m_{\text{H}_2} \quad 0,899 \text{ g}} = \frac{\quad}{\quad} = 15,90 \cong 16$$

Isto quer dizer que o valor da massa de 10 litros de gás oxigênio é 16 vezes maior que o valor da massa de 10 litros de gás hidrogênio.

Supondo que seja “n” o número de partículas de gás hidrogênio que ocupam o volume de 10 litros, o número de partículas de gás oxigênio que ocupam o volume de 10 litros também será “n”. Isto porque, como você concluiu na Discussão Orientada 1, o número de partículas de diferentes substâncias gasosas em um mesmo volume é o mesmo quando estas substâncias se encontram nas mesmas condições de temperatura e pressão. Portanto, a

massa de “n” partículas de gás oxigênio é 16 vezes maior que a massa de “n” partículas de gás hidrogênio.

Se o volume desses gases fosse 20 litros, o número de partículas de cada um deles seria “2n”. Ainda assim a relação entre a massa de “2n” partículas de gás oxigênio e “2n” partículas de gás hidrogênio seria 16.

Vê-se, pois, que para o mesmo número de partículas, qualquer que seja ele, a relação entre suas massas será a mesma, desde que os gases estejam nas mesmas condições de temperatura e pressão. Sendo assim, é possível afirmar que a massa de uma partícula de gás oxigênio é 16 vezes maior que a massa de uma partícula de gás hidrogênio.

Como já foi visto no Texto 4, a fórmula do gás hidrogênio é H_2 , isto é, uma partícula deste gás é constituída por dois átomos do elemento Hidrogênio, enquanto uma partícula do gás oxigênio, de fórmula O_2 , é constituída por dois átomos do elemento Oxigênio.

Desta forma, o resultado da comparação entre as massas das PARTÍCULAS dos gases oxigênio e hidrogênio é o mesmo do da comparação entre as massas dos ÁTOMOS de oxigênio e hidrogênio, isto é, A MASSA DE UM ÁTOMO DE OXIGÊNIO É 16 VEZES MAIOR QUE A MASSA DE UM ÁTOMO DE HIDROGÊNIO.

O esquema a seguir resume este raciocínio:

$$\begin{array}{r}
 \text{Gás oxigênio} \quad 16 \quad \text{Massa de “n” partículas} \\
 \text{de gás oxigênio} \\
 \hline
 = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} =
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Gás hidrogênio} \quad 1 \quad \text{Massa de “n” partículas} \\
 \text{de gás oxigênio} \\
 \hline
 = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} =
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{16} \quad \text{16} \\
 \text{1} \quad \text{1} \\
 \hline
 = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} =
 \end{array}$$

Isto NÃO SIGNIFICA QUE A MASSA DE UM ÁTOMO DO ELEMENTO OXIGÊNIO SEJA 16 GRAMAS, NEM QUE A MASSA DE UM ÁTOMO DO ELEMENTO HIDROGÊNIO SEJA 1 GRAMA. Este valor expressa apenas a RELAÇÃO ENTRE AS MASSAS DESSES ÁTOMOS, sendo por isso denominado MASSA ATÔMICA RELATIVA.

Atualmente os valores de Massa Atômica Relativa são determinados em relação ao elemento Carbono, e não ao Hidrogênio como vimos anteriormente. Entretanto, as diferenças observadas nos valores numéricos não são significativas para o nosso nível de estudo.

PARTE C

Mas, quantos átomos devem existir em um recipiente com um grama de átomos de hidrogênio? Este número de átomos deve ser muito grande já que sabemos que a massa de um átomo é um valor extremamente pequeno.

É importante conhecer este número, pois ele é uma outra forma de expressar a quantidade de átomos de Hidrogênio presentes em um determinado sistema.

Vamos chamar de “n” o número de átomos de Hidrogênio contidos em um grama destes átomos. Então:

massa de “n” átomos de hidrogênio = 1 grama.

Se quiséssemos determinar a massa de “n” átomos de Oxigênio, qual seria o valor desta quantidade? Como sabemos que a massa de um átomo de Oxigênio é 16 vezes maior que a massa de um átomo de Hidrogênio, então:

massa de “n” átomos de oxigênio = 16 gramas.

Mas qual deve ser o valor de “n”?

Um problema semelhante seria calcular o número de grãos de açúcar presentes em um pacote de 5 Kg de açúcar. Este problema pode ser resolvido se o valor da massa de um grão de açúcar for conhecido.

Questões

7. Sendo $1,66 \times 10^{-24}$ g o valor da massa de um átomo de Hidrogênio, calcule o número de átomos presentes em um grama de átomos deste elemento.
8. Sendo $2,66 \times 10^{-23}$ g o valor da massa de um átomo de Oxigênio, calcule o número de átomos presentes em 16 gramas de átomos deste elemento.

Como o Hidrogênio é o átomo mais leve que existe e a massa de todos os outros átomos pode ser determinada em relação a ele, é importante conhecer o número de átomos presentes em um grama de átomos de Hidrogênio.

Começamos este estudo a partir da comparação de volumes iguais de diferentes substâncias gasosas e consideramos como válido o modelo que propunha que estes volumes apresentavam o mesmo número de partículas. Historicamente, foi Amadeo Avogadro, um químico italiano, o primeiro a propor tal modelo, no início do século XIX. Entretanto, apesar de válido, tal modelo não foi imediatamente aceito pelos outros cientistas. Somente depois de mais de meio século é que outros estudos levaram à sua confirmação e à determinação do valor deste número de partículas. O valor que você encontrou nas questões 7 e 8 – $6,02 \times 10^{23}$ (e que atualmente pode ser medido experimentalmente) – é conhecido atualmente como Constante de Avogadro, em homenagem ao cientista que primeiro propôs sua existência.

A razão entre o número de entidades (átomos, agregados de átomos etc.) de uma substância e a Constante de Avogadro define uma grandeza importante em Química, a QUANTIDADE DE MATÉRIA. Assim,

$$\frac{N}{N_A} = n \quad \text{onde} \quad N = \text{número de entidades};$$

$$N_A = \text{Constante de Avogadro};$$

$$n = \text{quantidade de matéria}.$$

Todas as grandezas são expressas em uma unidade. De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a grandeza *massa* tem como unidade o *grama*; a grandeza *comprimento* tem como unidade o *metro*; a grandeza *quantidade de matéria* tem como unidade o *mol*. Assim:

$6,02 \times 10^{23}$ átomos de Hidrogênio correspondem a um mol de átomos de hidrogênio;

$6,02 \times 10^{23}$ partículas de gás hidrogênio correspondem a um mol de partículas de gás hidrogênio;

$12,04 \times 10^{23}$ átomos de Oxigênio correspondem a dois mols de átomos de Oxigênio.

Como a Massa Atômica Relativa, o mol é definido atualmente em relação ao átomo de Carbono. Assim, convencionou-se internacionalmente que o *mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilogramas de átomos de Carbono* (que são $6,02 \times 10^{23}$). Quando se utiliza o mol, as entidades elementares (átomos, agregados de átomos, partículas etc.) devem ser especificadas.

Pela definição de quantidade de matéria, podemos concluir que a massa de uma certa amostra de uma substância é proporcional à quantidade de matéria ali presente. A constante de proporcionalidade, neste caso, é conhecida como MASSA MOLAR. Assim:

$$m \propto n \quad \text{onde: } M = \text{massa molar da substância};$$

$$m = M \cdot n \quad m = \text{massa da amostra considerada};$$

$$M = m/n \quad n = \text{quantidade de matéria da substância em questão}.$$

Existem tabelas com os valores de Massa Molar de todos os elementos. A Tabela 2 apresenta estes valores para alguns deles.

O valor da Massa Molar depende das unidades de medida escolhidas para expressar as grandezas massa e quantidade de matéria. De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), que define o grama como a unidade padrão de massa e o mol como unidade de quantidade de matéria, a unidade de Massa Molar é grama por mol (g/mol).

Tabela 2

Elemento	Massa Molar (g/mol)	Elemento	Massa Molar (g/mol)
Alumínio	27	Magnésio	24
Bário	137	Manganês	55
Bromo	80	Mercúrio	201
Cálcio	40	Níquel	58
Carbono	12	Nitrogênio	14
Chumbo	207	Ouro	197
Cloro	35,5	Oxigênio	16
Cobalto	59	Platina	195
Cobre	63,5	Potássio	39
Enxofre	32	Prata	108
Estanho	119	Silício	28
Ferro	56	Sódio	23
Fósforo	31	Titânio	48
Hidrogênio	1	Urânio	238
Iodo	127	Zinco	65

Questões

- Qual a relação entre a massa de um mol de átomos de Chumbo e a massa de um mol de átomos de Hidrogênio?
- Qual a relação entre a massa de um mol de átomos de Magnésio e a massa de um mol de átomos de Carbono?
- Qual a relação entre a massa de um mol de átomos de Cálcio e a massa de um mol de átomos de Bromo?
- Quantos átomos estão contidos em 119 gramas de átomos de Estanho?

APÊNDICE 1 – ANÁLISE DO CASO HISTÓRICO MARIE CURIE

Marie Skłodowska Curie (1867–1934), foi uma cientista mundialmente reconhecida pela descoberta de elementos radioativos (o Rádium e o Polônio), bem como por seus estudos sobre a radioatividade. Mas qual foi o contexto histórico no qual a produção de conhecimento sobre a radioatividade se deu? Quais foram os percalços, os entraves com os quais a cientista precisou lidar? Sobre quais características de ciência podemos refletir a partir do caso histórico de Marie Curie?

Visando discutir sobre tais questionamentos, serão apresentados alguns trechos do filme *Madame Curie* (LeRoy, 1943). Posteriormente, será feita a discussão e a leitura do texto “*Um sobrevoo no caso Marie Curie: um experimento de antropologia, gênero e ciência*”. Pugliese (2007).

APÊNDICE 2 - QUESTIONÁRIO II

1. a. No início desta disciplina, você foi questionado sobre como explicaria o que é ciência para um colega. Como você responderia a esta pergunta agora?

b. O seu ponto de vista mudou de alguma forma? Em caso afirmativo, por quê?
2. Que características relacionadas às práticas científicas, sobre as quais não pensava antes, você pôde refletir até o momento nesta disciplina? Cite e explique cada uma delas.
3. Ao estudar sobre o caso histórico da cientista Marie Curie, sobre quais aspectos de natureza da ciência você pode refletir? Cite e explique como você entende cada um deles.
4. No caso histórico da cientista Marie Curie, foi possível discutir sobre a influência dos valores culturais na ciência, especialmente no que diz respeito às relações entre gênero e ciência.
 - a. Você já havia pensado sobre isso? Em caso afirmativo, em que situação?
 - b. De que forma o caso histórico o(a) auxiliou a pensar sobre o lugar das mulheres na ciência?

APÊNDICE 3 - ANÁLISE DE UM CASO CONTEMPORÂNEO

Questão Problema: Nas aulas anteriores, discutimos sobre o caso histórico da cientista Marie Curie. Entre os vários aspectos de natureza da ciência que foram levantados, destacamos as relações que existiam entre gênero e ciência que permeavam o contexto em que a cientista viveu. Naquela época, Marie foi uma pioneira nas pesquisas relacionadas às Ciências Naturais na universidade. Em alguns momentos, seu trabalho não foi reconhecido, ou devidamente levado a sério por seus pares, pelo fato de ela ser mulher. Entretanto, seu êxito enquanto cientista a fez ocupar lugares que antes eram ocupados apenas por homens. Isso nos leva ao questionamento: o que mudou em relação ao lugar das mulheres na ciência? As mulheres possuem mais espaço dentro da academia atualmente? Que posições elas ocupam? Em que áreas do conhecimento estão mais presentes? Quem são as mulheres que estão na ciência?

Com vistas a auxiliar o grupo a se informar sobre a questão problema, selecionamos alguns materiais que estão referenciados abaixo. O grupo também possui total liberdade para – E DEVE – buscar informações em outras fontes.

Após a análise dos materiais, o grupo deverá produzir um texto, discorrendo sobre os questionamentos levantados na Questão Problema. A ideia é que, no texto, sejam contempladas discussões e exemplos que demonstrem o posicionamento do grupo sobre estes questionamentos.

1. DOCUMENTÁRIO - MULHERES NA CIÊNCIA

PRODUÇÃO DA EMBRAPA

<https://www.youtube.com/watch?v=9QReY268NXU>

2. MULHERES NA CIÊNCIA

PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA)

<https://www.youtube.com/watch?v=d7bL2sPsZM4>

3. ONDE ESTÃO AS CIENTISTAS?

http://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/revista/2015/02/23/interna_revista_correio,471851/onde-estao-as-cientistas.shtml

4. FAZER CIÊNCIA E SER MULHER: UM DESAFIO AINDA REAL

http://cnpq.br/noticiasviews/-/journal_content/56_INSTANCE_a6MO/10157/5648344

APÊNDICE 4 – ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA AULA SIMULADA

Atividade

O grupo deverá elaborar uma aula (máximo 40 minutos), com o objetivo de inserir alguns dos aspectos discutidos ao longo do curso em turmas da Educação Básica. Os aspectos a serem abordados devem ser justificados por escrito tanto em termos de porque eles foram escolhidos, quanto em termos de o que se espera que eles ajudem os alunos a aprender. Além disso, o grupo tem total liberdade para escolher a temática e/ou os conteúdos que serão contemplados na aula.

APÊNDICE 5 - ROTEIRO PARA ENTREVISTA

1. Na atividade em que você teve que elaborar uma aula para alunos da educação básica, que envolvesse discussões sobre natureza da ciência, que aspectos de ciência o grupo decidiu abordar? Por que vocês escolheram estes aspectos?
2. Porque você acha que tais aspectos de natureza da ciência são importantes de serem discutidos com alunos da educação básica?
3. Se você pudesse escolher outro tema para nortear a aula, qual você escolheria? Que aspectos de natureza da ciência você acredita que poderiam ser discutidos a partir desse tema?
4. Ao longo da disciplina, foram discutidas diversas características da ciência a partir de casos históricos. Você acha que essas características contribuem para compreendermos o modo como a ciência é produzida atualmente? Se sim, de que maneira?
5. Você acredita que a discussão sobre características da ciência mudou a forma como você “lida” com afirmações científicas? Se sim, explique como você utilizaria características de ciência para se posicionar sobre temas controversos da ciência atual.