CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

NARRATIVAS HISTÓRICAS: DISCUTINDO A NATUREZA DA CIÊNCIA ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA

Hermann Schiffer Fernandes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador(a):

Andreia Guerra de Moraes

Rio de Janeiro
Junho de 2012

NARRATIVAS HISTÓRICAS: DISCUTINDO A NATUREZA DA CIÊNCIA ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Hermann Schiffer Fernandes

Aprovada por:

_____

Presidente, Profª Andreia Guerra de Moraes, D.Sc. (orientadora)

_____

Prof. José Cláudio de Oliveira Reis, D.Sc.

_____

Profª Ana Paula Bispo da Silva, D.Sc. (UEPB)

_____

Profª Sonia Krapas Teixeira, Drª. (UFF)

Rio de Janeiro
Junho de 2012

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S333 Schiffer, Hermann
Narrativas históricas : discutindo a natureza da ciência através de uma abordagem histórico – filosófica /Hermann Schiffer .—2012
124f. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2012.
Bibliografia : f. 111-114
Orientadora : Andreia Guerra de Moraes.
Inclui apêndices.

1.Ciência-História 2.Pesquisa qualitativa I.Guerra, Andreia (orient.) II.Título.

CDD 507

À minha família e amigos, as
minhas verdadeiras fontes de energia.

AGRADECIMENTOS

Ao meu irmão, Ed Schiffer, por me suportar nos piores momentos e por ser a minha inspiração criativa e a encarnação da arte na minha vida.

Aos meus pais, Jorge Eduardo e Claire Schiffer, por equilibrarem a razão e o amor na minha criação, me motivando a ser uma pessoa crítica e motivada a crescer intelectual e profissionalmente, mas também a entender que ser humano (e exagerado) não é um defeito.

Ao meu tio, Frederico Schiffer, por, apesar da distância, continuar a ser uma inspiração de perseverança e coragem para enfrentar e aproveitar o mundo.

Às minhas duas avós, Iara Schiffer e Maria Armanda de Oliveira, por saberem me ler como ninguém e, apesar do momento, sempre tirarem um sorriso de mim.

Aos meus alunos, principalmente Maria Eduarda Padilha e Pedro Facó, por estarem sempre dispostos nas atividades realizadas deste projeto e à simpatia inigualável que nos contagiou.

Principalmente, à minha orientadora Andreia Guerra, por ter sido a principal mão que me ajudou a virar um importante capítulo em minha vida, equilibrando a cobrança e a preocupação a cada passo do nosso trabalho.

RESUMO

NARRATIVAS HISTÓRICAS: DISCUTINDO A NATUREZA DA CIÊNCIA ATRAVÉS DE UMAABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA

Hermann Schiffer Fernandes

Orientadora:

Andreia Guerra de Moraes

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Acreditamos que uma abordagem histórico-filosófica ao ensino de ciências é um dos possíveis caminhos com possibilidades de desenvolver uma visão mais coerente da ciência aos alunos. Ainda assim, muitas são as possíveis estratégias a se seguir quando optamos por esta abordagem. Escolhemos as *Narrativas Históricas* como ferramenta para introduzir conteúdos de história e filosofia da ciência às aulas da educação básica. Construímos e aplicamos um projeto pedagógico para se ensinar o tema energia através de uma abordagem histórico-filosófica com alunos do 9° ano do Ensino Fundamental de uma escola particular do Rio de Janeiro. Foram construídas três *Narrativas Históricas* que serviram como ferramentas inspiradoras de atividades e de discussões sobre a Natureza da Ciência. Na primeira, apresentamos um embate do séc. XIX entre o médico Robert Mayer e o físico James Joulesobre a primazia da determinação do equivalente mecânico do calor e, assim, ilustrando uma das origens do conceito de energia, considerada por especialistas. A segunda trás a história de Joseph Priestley e seu diálogo com pesquisadores do séc. XVIII na construção de teorias a partir da observação de experimentos sobre o consumo do ar na respiração dos animais e plantas, e a influência destas no processo de renovação do ar. A terceira *Narrativa Histórica*ilustra uma controvérsia do início do séc. XIX entre Luigi Galvani e Alessandro Volta sobre as suas interpretações de experimentos que envolviam contrações em cadáveres de animais, supostamente causados por efeitos elétricos. Dois importantes componentes destes textos literários foram a ficção e o drama a partir do destaque de certas situações vividas pelos personagens, utilizados para trazer a atenção dos alunos à leitura e criar uma empatia entre eles e as histórias contadas.Realizamos sobre este projeto uma pesquisa qualitativa para responder a seguinte questão: As *Narrativas Históricas* constituem-se em ferramentas eficazes para o estudo do conceito de energia numa abordagem histórico-filosófica, possibilitando discussões em torno da Natureza da Ciência que privilegiem a ciência enquanto construção humana?

Palavras-chave:
Narrativas Históricas; História da Ciência; Pesquisa qualitativa

Rio de Janeiro
Junho de 2012

ABSTRACT

HISTORICAL NARRATIVES: DISCUSSING THE NATURE OF SCIENCE THROUGH A HISTORICAL AND PHILOSOPHICAL APPROACH

Hermann Schiffer Fernandes

Orientadora:

Andreia Guerra de Moraes

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

We support that a historical and philosophical approach to science education is a path with potential to develop a more consistent understanding of what science is with students. Still, there are many strategies to adopt. We chose the *Historical Narratives* as a tool to introduce history and philosophy of science contents to basic school classes. We built and appliedan educational project to teach the theme energy through a historical and philosophical approach with lastyear classes of Junior High in a private school in Rio de Janeiro. We have built three *Historical Narratives* that were used as tools to inspire activities and discussions about the *Nature of Science*. In the first one we introduce a discussion in the XIX century between the physiologist Robert Mayer and the physicist James Joule about the primacy of the determination of the mechanical equivalent of heat, therefore illustrating one of the origins of the concept of energy, supported by specialists. The second brings the history of Joseph Priestley and his contact with researchers of the XVIII century in the construction of theories from observation of experiments about the consumption of air in animal and plant breathing and the influence of plants in the process responsible for the renovation of air. In the third *Historical Narrative* we illustrate the beginning of the XIX century controversy between Luigi Galvani and Alessandro Volta about their interpretations of experiments involving contractions in dead animals, supposedly caused by electrical effects. Two literary elements were important in these texts, the fiction and the drama from the highlight given to certain situations lived by the characters, with the purpose to bring students attention the reading and to create empathy between them and the history being told. A qualitative research have been made upon this project to try to answer our research question: Are *Historical Narratives* efficient tools to the study of the concept of energy in a historical and philosophical approach, that enable discussions about aspects of the Nature of Science, considering science as a human product?

Keywords:
Historical Narratives; History of Science;Qualitative research

Rio de Janeiro
Juneof 2012

Sumário

I	**Introdução**	**01**
II	**Desafios do Ensino de Ciências**	**04**
	II.1 Desenvolvimento de um pensamento crítico	04
	II.2 Concepções sobre a natureza da ciência	06
	II.3 O Conteúdo	08
	II.3.1 Energia	09
III	**Abordagem Histórico-Filosófica**	**11**
	III.1 Limitações, desafios e riscos da abordagem HFC	13
	III.2 Possíveis caminhos diante de uma abordagem histórico-filosófica	14
	III.3 A Narrativa Histórica como ferramenta pedagógica	16
IV	**Metodologia**	**18**
	IV.1 Metodologia para coleta de dados para a pesquisa	18
	IV.2 Metodologia das atividades em sala	19
	IV.2.1 A escola	20
	IV.2.2 As turmas	20
	IV.3Etapas da aplicação da proposta	23
V	**Construção das Narrativas Históricas**	**26**
	V.1 *As forças de Mayer*	40
	V.2 *Priestley e a busca de novos "ares"*	54

V.3 *Eletricidade e força vital: A controvérsia entre Galvani e Volta* 68

VI Análise dos dados **84**

VI.1 Categorias para a análise 84

VI.2 As atividades inspiradas pela 1ª NH 86

VI.3 As atividades inspiradas pela 2ª NH 93

VI.4 As atividades inspiradas pela 3ª NH 99

VI.5 Considerações finais sobre a aplicação das NHs 105

VII Comentários Finais **109**

Referências Bibliográficas **111**

Apêndice I - As *forças* de Mayer **115**

Apêndice II - Priestley e a busca de novos "ares" **118**

Apêndice III - Eletricidade e Força Vital: a controvérsia Galvani x Volta **120**

Apêndice IV - Questionários **122**

Capítulo I – Introdução

Apesar das inúmeras dificuldades enfrentadas na área, acreditamos que seja dever dos educadores refletir sobre a realidade do ensino de ciências e reformulá-la com o objetivo de enfrentar os resultados insatisfatórios das disciplinas científicas que vem sendo apresentado por alunos em exames nacionais (BRASIL, 2009, 2008) e internacionais (INEP-PISA, 2000). O professor que almeje promover um constante aperfeiçoamento profissional irá encontrar na literatura acessível diversas linhas de pesquisa em ensino de ciências que poderão servir de auxílio neste processo (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998).

Uma linha de pesquisa que vem contando com um número crescente de pesquisadores é a que defende a utilização de uma abordagem histórico-filosófica no ensino de ciências, tanto no Brasil (MARTINS, 2001, 1993, 1990; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998; DIAS, 2001; FORATO et al., 2011, 2009; GUERRA, 1998), quanto no exterior (MATTHEWS, 2009, 1995; MILLAR e OSBORNE, 1998; HÖTTECKE e SILVA, 2011; KLASSEN, 2011, 2009a, 2009b, 2007; MCCOMAS, 2008, 1998; COELHO, 2009; KUHN, 1981; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000; PILIOURAS et al., 2010; OSBORNE et al., 2001).

Acreditamos que a abordagem histórico-filosófica é um dos caminhos com potencial pedagógico para enfrentar alguns dos problemas atuais do ensino de ciências, como o foco excessivo em um conteúdo pouco significativo e descontextualizado, apresentado como um produto pronto e inquestionável da ciência (MILLAR e OSBORNE, 1998). Além disso, acreditamos que esta abordagem favo6rece um ensino de ciências que privilegie a ciência como uma construção humana, questionável e falível, cuja construção é pautada em diferentes contextos socioculturais; ou seja, um ensino que trabalhe com discussões sobre a Natureza da Ciência (FORATO, 2011, 2009; MCCOMAS 2008, 1998; PRAIA et al., 2007; MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1993, 1990).

Entretanto, é importante que o educador reflita sobre a eficácia das práticas, métodos ou ferramentas que tragam desta abordagem ao ensino de ciências. Entendemos que existem dificuldades em seguir este caminho, como: a falta de preparação dos professores em trabalhar com história e filosofia da ciência e a pouca quantidade de material de qualidade acessível, como os livros didáticos que, muitas vezes, abordam episódios históricos de forma simplificada e distorcida, apresentando uma pseudo-história aos alunos e professores. Na busca da construção de material didático, muitos autores vêm defendendo o uso de textos históricos do gênero narrativo como auxílio no ensino de ciências (FORATO et al., 2011; METZ, et al. 2007; KLASSEN, 2006; STINNER et al., 2003; KUBLI, 2001) diante de fatores como seu potencial de comunicar ideias (MILLAR e OSBORNE, 1998) e a maior facilidade de compreensão apresentada por alunos, em comparação a textos expositivos (NORRIS et al., 2005).

Encontramos nas chamadas *Narrativas Históricas* (KLASSEN, 2009a, 2007; HADZIGEORGIOU et al., 2011) um possível auxílio ao professor em promover um ensino mais significativo dos conteúdos de sua disciplina a partir de uma análise historicamente contextualizada do seu processo de construção (MARTINS, 2001, 1993; DIAS, 2001; FORATO et al., 2011, 2009; MATTHEWS, 2009, 1995; KLASSEN, 2011, 2009a, 2009b, 2007). Também acreditamos que estas ferramentas apresentam um grande potencial de inspirar práticas pedagógicas que envolvam discussões sobre aspectos da Natureza da Ciência (HADZIGEORGIOU et al., 2011; KLASSEN, 2009a, 2009b, 2007; METZ et al., 2007; STINNER et al, 2003), contribuindo assim para uma visão menos ingênua que estudantes, sejam brasileiros (MARTINS, 2007) ou não (OSBORNE et al., 2001; LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK, 2000), e, inclusive, professores (GIL-PÉREZ, 2001) compartilham sobre o empreendimento científico.

Concordamos com autores como PILIOURAS et al. (2010), COELHO (2009), PRAXEDES e JACQUES (2009), GUERRA et al. (1998) e KUHN (1981) que o estudo histórico da construção do conceito de *energia* é uma estratégia pedagógica que apresenta a capacidade de desenvolver uma melhor compreensão deste pelos alunos. Desta forma, determinados a enfrentar as dificuldades reconhecidas acima e contribuirmos para a construção de material e de práticas de caráter histórico-filosófico, construímos um projeto pedagógico que envolveu a construção e aplicação de três *Narrativas Históricas* (inspirado pelos trabalhos de KLASSEN, 2009a, 2006). Estas serviram como ferramentas auxiliares na construção histórica do conceito de *energia*, buscando responder a nossa pergunta de pesquisa: Em que medida as *Narrativas Históricas* ferramentas eficazes para o estudo do conceito de energia numa abordagem histórico-filosófica, possibilitando discussões em torno da Natureza da Ciência que privilegiem a ciência enquanto construção humana?

Para que possamos gerar reflexões sobre nossa pergunta de pesquisa, este trabalho foi desenvolvido. Suas etapas estão descritas nos capítulos da seguinte forma. No capítulo II – *Desafios do Ensino de Ciências*, levantamos algumas das dificuldades enfrentadas por quem trabalha com educação científica, relacionadas ao conteúdo científico e às visões de ciência que a educação científica apresenta aos alunos. No capítulo III – *Abordagem Histórico-Filosófica*, apresentamos como um possível caminho a se seguir a abordagem histórico-filosófica ao ensino de ciências. Apresentamos suas possibilidades e limitações na educação científica, na busca de melhorarmos o cenário apresentado no capítulo II.

No capítulo IV – *Metodologia*, descrevemos a duas partes da metodologia. Primeiro, apresentamos a metodologia para a coleta de dados de pesquisa. A seguir, a metodologia das atividades em sala onde apresentamos as condições iniciais, como a escola na qual o projeto foi aplicado, e as etapas que envolveram o trabalho com as *Narrativas Históricas*. No capítulo V

– *Construção das Narrativas Históricas*, descrevemos o processo de construção das três Narrativas Históricas que foram utilizadas neste projeto, destacando os aspectos que foram importantes para este processo: o aspecto histórico, o aspecto literário e os aspectos da Natureza da Ciência.

No capítulo VI – *Análise dos dados*, realizamos uma análise qualitativa a partir das ferramentas utilizadas para a coleta de dados. Analisamos as atividades referentes a cada Narrativa Histórica e depois buscamos um panorama geral do projeto, com o objetivo de responder a nossa pergunta de pesquisa.

Capítulo II – Desafios do Ensino de Ciências

Para que possamos criticar a realidade da educação brasileira, é importante virmos a reconhecer as limitações do chamado 'ensino tradicional' (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998). Com o objetivo de elaborar uma análise crítica coerente do ensino de ciências que ilumine as discussões a serem realizadas neste trabalho, organizamos uma análise sobre dois pilares do processo de ensino e aprendizagem: *o desenvolvimento de um pensamento crítico e o conteúdo.*

II.1 Desenvolvimento de um pensamento crítico

Concordamos com FORATO et al. (2011) que um componente significativo do currículo de ciências deveria ser voltado à construção de uma consciência crítica e criativa do mundo em que vivemos. Vivemos em sociedades cujas bases encontram-se intensamente enraizadas no desenvolvimento científico e tecnológico que a humanidade promoveu, principalmente nos últimos séculos. Isto não afeta somente o estilo de vida que levamos ou os produtos que consumimos. O modo como enxergamos a nós mesmos, o Universo que habitamos e o nosso papel nele foram transformados pela ciência (MILLAR e OSBORNE, 1998). Assim, podemos afirmar que a ciência não produz apenas conhecimentos sobre nosso mundo material, mas que é um dos principais constituintes da nossa cultura (GUERRA et al., 1998; MATTHEWS, 1995). MILLAR e OSBORNE (1998) defendem que o ensino de ciências também deve "ajudar o jovem a adquirir um conhecimento geral e mais extenso da importância das ideias e dos modelos explanatórios da ciência, além dos métodos e procedimentos da investigação científica, que tiveram um imenso impacto no nosso mundo material e na nossa cultura em geral" (p. 2012, sublinhado nosso).

A favor destas metas, a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998), o conceito de conteúdo curricular ganhou um significado mais amplo. A nova perspectiva propõe que na escola sejam ensinados não apenas fatos e conceitos, mas a "compreender a natureza como um todo dinâmico, sendo o ser humano parte integrante e agente de transformações do mundo em que vive". E para que o cidadão possa se tornar um agente de transformação ele também deve desenvolver "estratégias e habilidades para resolução de problemas, seleção de informações novas ou inesperadas e também o trabalho em equipe" (BRASIL, 1998, p.).

Neste sentido, no planejamento educacional de aulas de ciências, deve-se levar em conta o novo significado do conceito de currículo ou conteúdo, incorporando às práticas o objetivo de inter-relacionar o conteúdo específico com os conteúdos procedimentais. De acordo com CARVALHO (2003, p. 4) só assim é possível promover as "habilidades de desenvolver o conteúdo conceitual e, também, as atitudes, os valores e as normas".

Diante da crescente importância que assuntos científicos vêm tomando em nossas vidas, como a manipulação genética ou a clonagem, estes conteúdos deveriam acompanhar as demandas de conhecimento e de *desenvolvimento de um pensamento crítico* que a contemporaneidade trouxe às vidas dos cidadãos (FORATO, 2011; MATTHEWS, 1995; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998). Acreditamos que não seja do interesse de todos os jovens viver em uma sociedade tecnocrata, onde seus cidadãos tem pouca ou nenhuma influência na tomada de decisões de caráter científico que podem afetar suas vidas.

Destacamos o que GUERRA et al. (1998) nos lembram: “Na sociedade contemporânea o discurso científico tem mais valor que os outros” (pp. 36). Mediante estas condições, devemos reconhecer como necessidade que o ensino de ciências não somente esteja atualizado e associado a questões científicas de interesse da sociedade em que vivemos, mas que reclame um mínimo de formação científica para que cada cidadão possa compreender os problemas e opções presentes em debates e decisões tecno-científicas (PRAIA et al, 2007). Não estamos defendendo a possibilidade de uma extensa alfabetização científica que consiga comportar conteúdos e práticas relacionadas a todas as questões sociais de dimensão técno-científica que venham a surgir (PRAIA et al., 2007). Entretanto, esperamos que o ensino de ciências venha a ajudar a construir uma sociedade menos passiva em relação a estas questões, formada por cidadãos que, inclusive, são capazes de entender e responder criticamente a notícias da mídia relacionadas a estes assuntos científicos (MILLAR e OSBORNE, 1998).

Nesta mesma perspectiva, ZANETIC (1979, apud. DELIZOICOV, 2009, p. 54) defende que em uma educação transformadora, os conteúdos programáticos escolares são conteúdos culturais que, se apropriados pelo aluno, permitem a sua transição de uma consciência ingênua para uma consciência crítica. Logo a atuação de um educador é construir ações educativas fundamentadas que estejam em sintonia com essas premissas, desenvolvendo os conteúdos programáticos escolares no plano cultural.

Novamente encontramos esta mesma meta nos PCN’s: “capacitar um estudante a uma participação em decisões tecno-científicas a qualquer nível; competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos" (BRASIL, 1999, p. 6).

Devemos reconhecer que este *pensamento crítico* de caráter científico evoluiu com o tempo e, desta forma, não pode ser desassociado da própria evolução dos procedimentos e normas com as quais cientistas trabalharam para produzir conhecimento (FORATO et al., 2011). Neste viés, ao buscarmos desenvolver um pensamento crítico nos nossos estudantes, estamos inevitavelmente ligados a questões da própria epistemologia da ciência (MATTHEWS, 1995).

II.2 Concepções sobre a natureza da ciência

Apesar dos inúmeros impactos que a ciência causa em nossas vidas, poucos cidadãos compreendem minimamente os aspectos que constituem o empreendimento científico (MCCOMAS, 1998). Entendemos que em uma educação libertária, que estimule um pensamento crítico a questões tecno-científicas, isto é, que prepare mais efetivamente o estudante para o exercício de cidadania (OSBORNE et al., 2001), o ensino não deve ser apenas **em** ciências, mas também **sobre** ciências (FORATO et al., 2011; MARTINS, 1990). Para que possamos preparar estudantes para responderem a questões científicas é necessário também desenvolver uma compreensão da própria natureza do conhecimento científico (OSBORNE et al., 2001) e entrar na dimensão epistemológica da ciência (FORATO et al., 2011).

Em Collins (2000, apud. OSBORNE et al., 2001), encontramos um interessante trilema enfrentado pelo ensino de ciências: à primeira instância, a educação científica expõe um caráter libertador aos estudantes, uma noção de poder ao indicar os potenciais que nascem a partir do domínio da ciência, como a independência da importação de conhecimento. Entretanto, o estudante acaba se encontrando em um cenário onde ele deve confiar em dogmas científicos e em uma educação autoritária, incontestável e inquestionável (segunda instância). Nesta perspectiva, OSBORNE et al. (2001) defendem que a ênfase no "o que sabemos", ao invés de "como sabemos", resulta em uma educação científica na qual os estudantes justificam suas crenças a partir da autoridade do professor, o que não difere tanto de culturas que confiam plenamente em afirmativas orais de membros considerados como sábios dentre os grupos. Neste ponto, Collins (2000) traz a terceira instância, muitas vezes ignorada: a necessidade de apresentar uma visão de como a ciência funciona no seu interior e dos fatores que constituem a sua construção.

Concordamos que nossos jovens precisam de um melhor entendimento destes processos sociais internos à própria ciência. Compreender melhor esse processo pode ajudá-los a reconhecer as possibilidades e limitações da ciência (OSBORNE et al., 2001). Acreditamos que ao se construir uma visão mais apropriada de como a ciência opera os jovens desenvolvam um maior potencial de se tornarem cidadãos mais capazes de participar de questões tecno-científicas. Desta forma, acreditamos que seja uma parte intrínseca ao processo de construção de uma visão menos ingênua da ciência o desenvolvimento de um pensamento de um cidadão mais crítico, como defendido acima.

Nesta perspectiva, LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK (2000) nos apontam que o auxílio ao "desenvolvimento de uma compreensão adequada da Natureza da Ciência (NdC) é um dos objetivos mais comuns do ensino de ciências hoje" (pp. 1). É importante esclarecermos que entendemos NdC como um "domínio híbrido que combina aspectos de diversos estudos sociais

da ciência, incluindo a história, sociologia e filosofia da ciência, combinado com pesquisas de ciências cognitivas, como a psicologia, em uma rica descrição do que é ciência: como ela funciona, como operam os cientistas como um grupo social e como a sociedade direciona e reage a empreendimentos científicos" (MCCOMAS, 1998, pp. 1).

Entretanto, não há uma opinião geral sobre o que exatamente é isto que chamamos de ciência (MCCOMAS, 1998). Esta falta de consenso não impede que haja concordância entre especialistas em relação a certos *aspectos* sobre como a ciência é construída e como os cientistas operam (MCCOMAS, 2008; OSBORNE et al., 2001). Esta concordância possibilita o professor de ciências a selecionar e acrescentar aspectos da NdC em sua prática pedagógica, o que tem sido incentivado pelas pesquisas em ensino de ciências (FORATO et al., 2011 e 2009; MATTHEWS, 2009 e 1995; PRAIA et al., 2007; PAGLIARINI e SILVA, 2007; GIL-PÉREZ et al., 2001; OSBORNE et al., 2001; BELL et al., 2001; LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK, 2000; MILLAR e OSBORNE, 1998; MCCOMAS, 1998).

Trazer discussões sobre a NdC ao ensino de ciências não é trivial e requer a superação de diversos obstáculos. Torna-se importante que seja definido quais aspectos da NdC poderão ser trabalhados pelo currículo de ciências. Os aspectos da NdC selecionados para a construção do projeto pedagógico presente neste trabalho serão apresentados no capítulo V: *Construção das Narrativas Históricas*. Além da seleção dos aspectos, encontramos como segundo obstáculo a própria visão que muitos professores compartilham da natureza do empreendimento científico. Trabalhos como o de GIL-PÉREZ et al. (2001) e LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK (2000) apontam que a formação acadêmica, desde o início da educação científica até os cursos de licenciatura, tende a enraizar concepções sobre a NdC vistas como ingênuas frente às visões contemporâneas de especialistas da área. Isto se reflete nas próprias práticas e no discurso do professor. Para que possamos intervir nesta cadeia, os autores defendem que é necessário um esforço maior dos cursos de licenciatura na criação ou modificação de cursos que trabalhem ou venham a trabalhar com a construção de visões mais coerentes da NdC de futuros professores. Além disso, acreditamos ser necessário o desenvolvimento de material pedagógico, como artigos científicos acessíveis e livros didáticos e paradidáticos, que inclua o trabalho com estes aspectos, servindo de referência aos professores em atuação (MCCOMAS, 2008, 1998; PRAIA, 2007; HÖTTECKE e SILVA, 2011).

Buscamos neste capítulo motivar uma reflexão sobre a realidade destes dois pilares pedagógicos da educação científica: *o conteúdo* e *as concepções sobre a natureza da ciência*. A partir destas críticas esperamos destacar a importância das linhas de pesquisa em ensino de ciências que servem para orientar a sua prática visando contribuir para a mudança deste cenário atual (CARVALHO, 2003; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998).

Dentre as possíveis linhas de pesquisa que o professor pode seguir, acreditamos que haja grande potencial na utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de ciências (FORATO et al., 2011, 2009; KLASSEN, 2011, 2009a, 2009b, 2007; HÖTTECKE e SILVA, 2011; PILIOURAS et al., 2010; MATTHEWS, 2009; COELHO, 2009; MCCOMAS, 2008, 1998; DIAS, 2001; OSBORNE et al., 2001; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998; GUERRA, 1998, 1994; MILLAR e OSBORNE, 1998; MARTINS, 1993, 1990; KUHN, 1981).

No capítulo seguinte iremos apresentar as possíveis vantagens de se utilizar uma abordagem histórico-filosófica no ensino de ciências, além de alguns dos obstáculos previstos e as dificuldades enfrentadas atualmente para esta implementação.

II.3 O Conteúdo

MILLAR e OSBORNE (1998) apontam que por muito tempo se acreditou que para estruturar uma boa base teórica era necessário um ensino baseado principalmente na repetição. O objetivo era fixar o conhecimento na memória do estudante, voltando a prática pedagógica em ciências à construção e aplicação de práticas e de mecanismos de avaliação baseados em exercícios e tarefas. Tais atividades dependiam "intensamente de uma memorização e recordação e que são distintas dos contextos nos quais os aprendizes devem optar por usar o conhecimento científico em suas vidas" (MILLAR e OSBORNE, 1998, pp. 9).

Apesar do trabalho realizado em MILLAR e OSBORNE (1998) estar relacionado à realidade europeia, reconhecemos que ainda é uma realidade brasileira o ensino de ciências conteudista (GUERRA et al., 1998). Apesar dos avanços em pesquisa nas últimas décadas, ainda é tomado como prioridade a resolução de problemas a partir de fórmulas ou conceitos memorizados, privilegiando, assim, o procedimento em si e não a conceitualização significativa do conteúdo ensinado (SOUSA e FÁVERO, 2003).

Desta forma, o currículo de ciências se configurou a algo que se assemelha a um catálogo de ideias descontínuas, faltando coerência e relevância no que diz respeito a um conteúdo considerado como necessário a um cidadão comum (MILLAR e OSBORNE, 1998). Concordamos com OSBORNE et al. (2001) e com MILLAR e OSBORNE (1998) que a educação em ciências que atualmente oferecemos aos nossos jovens é antiquada e, fundamentalmente, ainda é uma educação preparatória para futuros cientistas.

Entretanto, é geralmente aceito que aprender ciência envolve mais que simplesmente "conhecer fatos e ideias sobre o mundo natural" (MILLAR e OSBORNE, 1998, pp. 7). Concordamos com BACHELARD (1996) que a ciência deveria ser ensinada como um conhecimento mais aberto, abrir mais portas, não ser hegemônica ditando a sua verdade

universal. O conhecimento científico não deve ser apresentado como um produto encerrado e inquestionável (MATTHEWS, 1995; FORATO, 2011; GUERRA et al., 1998), ao contrário, o "conhecimento tem que ser questionado", estar sempre em discussão (BACHELARD, 1996, pp. 8).

Concordamos com DIAS (2001) que aponta que o conteúdo científico, principalmente na Física, não é trivial. O uso dos conceitos através da história tende a "trivializar o que não é trivial, isto é, as dificuldades conceituais são banalizadas, conceitos são tratados como 'óbvios'" (DIAS, 2001, p. 226). Para quebrarmos com este paradigma educacional, acreditamos ser necessária uma reflexão a nível educacional sobre como transformar um ensino conteudista em um ensino mais crítico que auxilie na desconstrução da "visão simplista do que é a Ciência e o trabalho científico" (BRASIL, 2000).

II.3.1 Energia

COELHO (2009) destaca a fala de diversos cientistas famosos para nos relembrar a nossa, ainda existente, incapacidade de definir precisamente o conceito de energia. De acordo com o tema deste trabalho, devemos acrescentar que certos conceitos apresentam uma dificuldade particular de serem trabalhados em aulas de ciências, como é o caso do conceito de *energia* (COELHO, 2009; PRAXEDES e JACQUES, 2009; GUERRA et al., 1998; GOLDRING e OSBORNE, 1994).

Encontramos trabalhos na literatura que vem apontando as dificuldades dos alunos na conceitualização do termo *energia* (BARBOSA e BORGES, 2006; PRAXEDES e JACQUES, 2009; COELHO, 2009). Um trabalho realizado em OSBORNE (1994) aponta que esta dificuldade se transpõe, inclusive, na resolução de exercícios quantitativos, através da falta de clareza nas respostas e no discurso dos alunos analisados. Mais precisamente, encontramos em BARBOSA e BORGES (2006) alguns dos motivos desta dificuldade enfrentada por professores da área:

1. O conceito de energia é usado em diferentes disciplinas escolares, que enfatizam os seus diferentes aspectos;
2. No ensino fundamental, é estudado muito superficialmente, resultando apenas na aprendizagem dos nomes de algumas manifestações de energia, nem todas elas consensuais;
3. A noção de energia é também amplamente utilizada na linguagem cotidiana, confundindo-se com outras ideias, como as de força, movimento e potência; fala-se em gastar e repor energias; na linguagem do dia-a-dia o termo energia adquire significados e propriedades não reconhecidos pela ciência, como nas expressões comuns "recarregar as energias" ou "descarregar as energias negativas", [...] isso sem falar em outros sentidos mais místicos.

4. A aprendizagem do significado de energia em Física requer um alto grau de abstração, além de conhecimentos específicos de suas várias áreas, como mecânica, eletricidade, termodinâmica.

Diante destes obstáculos, os professores de ciências acabam enfrentando grande dificuldade ao trabalhar com o tema. Muitas vezes apresentam-se diferentes interpretações do conceito, de modo que a energia para a mecânica distancia-se da energia da termodinâmica (PRAXEDES e JACQUES, 2009). O termo energia “não é transparente e remete a múltiplos sentidos previstos e não previstos pelo educador” (PRAXEDES e JACQUES, 2009). Desta forma por concordarmos que “a falta de unificação entre os conceitos de energia pode resultar em uma ‘colcha de retalhos energética’”, defendemos um ensino de ciências que apresente uma articulação entre esses diferentes significados (BRASIL, 2002, p.29).

Entendemos como necessário um redirecionamento das práticas dos professores de ciências, repensando a posição do conteúdo na dimensão de um projeto pedagógico, passando a dar mais significado, contexto e utilidade ao que ensinamos aos nossos alunos. Mas o conteúdo não é o único eixo estrutural das práticas pedagógicas do professor. Acreditamos que o desenvolvimento de um pensamento mais crítico, pautado no conhecimento científico, seja essencial na promoção de um cidadão capaz de lidar com questões sócio científicas que surgem em sua sociedade, além de abrir caminhos para reflexões sobre a sua realidade.

Capítulo III – Abordagem Histórico-Filosófica

O capítulo anterior levantou alguns problemas que devem ser engendrados por quem se dedicar à educação científica. Desta forma, para justificarmos a escolha de uma abordagem histórico-filosófica ao ensino de ciências, buscaremos deixar paralelamente organizado suas possibilidades e limitações. Destacamos anteriormente que ainda lidamos com um ensino com características conteudistas, que se assemelha a um catálogo de conteúdos apresentados de forma pouco coesa. Por este motivo, sua utilidade e significância ao futuro cidadão são obscurecidas frente a práticas como a resolução de exercícios baseada em memorização de nomes ou fórmulas.

Quando nos remetermos à história da ciência para conhecermos os problemas que originaram a construção do conhecimento científico, estamos trabalhando na recuperação do significado desse conteúdo (DIAS, 2001), de forma a não apresenta-los como construções puramente arbitrárias (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998). Assim, de acordo com MATTHEWS (1995) contribuímos para a "superação do 'mar de falta de significação' que se diz ter inundado as salas de aula de ciências" (pp. 165). Concordamos com DIAS (2001) que está no estudo das origens destes conhecimentos a possibilidade de realizar uma análise conceitual, "permitindo rever conceitos, criticá-los e entendê-los à luz de novas descobertas" (pp. 226).

A abordagem histórico-filosófica dos conteúdos científicos permite que se perceba as possibilidades e limites da ciência na busca humana em responder questões de caráter existencial, em compreender melhor o universo, nosso planeta e nosso papel nele e em superar dificuldades para a nossa sobrevivência (MILLAR e OSBORNE, 1998). A partir da discussão histórica, o aluno pode reconhecer quais foram as diversas dificuldades enfrentadas durante a construção destes conhecimentos, como questões políticas e econômicas, mas também os obstáculos epistemológicos que tiveram que ser superados (BACHELARD, 1996).

Desta forma, explicita-se uma maior conexão entre os conteúdos científicos trabalhados, destacando sua significância e importância tanto para os alunos como futuros cidadãos, mas também para a humanidade (MATTHEWS, 1995). Desta forma, acreditamos em uma abordagem histórico-filosófica que promova uma visão da ciência como uma atividade humana (FORATO et al., 2011; MILLAR e OSBORNE, 1998). Concordamos com DELIZOICOV (2009, pp. 57) que a ciência, por ser uma atividade humana, é uma produção cultural, que "possui especificidades que precisam ser caracterizadas", e com ZANETIC (1979, apud. DELIZOICOV, 2009, pp. 57) que o "sujeito que produz conhecimento, inclusive o científico é histórico e se constitui por meio de interações socioculturais".

Torna-se necessário, então, um estudo das dimensões sociais, humanas, culturais e epistemológicas da ciência, contrabalanceando os aspectos puramente técnicos da educação

científica (MARTINS, 1990). Apontando nesta direção, encontramos nos PCNs o apoio para que “o conteúdo seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas” (BRASIL, 2000, p. 22).

A análise da dimensão humana da ciência também tem como objetivo a humanização da figura do cientista e de instituições científicas (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1990). Ao apresentarmos o aluno aos interesses pessoais, éticos, políticos, financeiros presentes no empreendimento científico estamos problematizando duas visões de ciência. A primeira seria a empírico-indutivista, comum no ensino de ciências atual (FORATO et al., 2011) e a outra a dos cientistas geniais, que apenas tem um “insight” do que já estava no ar, como se a ciência fosse linear e evoluísse a partir de um fio condutor de influências, necessitando somente de investimento e tempo para construir seu conhecimento (BACHELARD, 1996). Desta forma, apresentamos aos nossos alunos uma visão mais coerente da NdC, o que, em uma abordagem histórico-filosófica, está interligada ao desenvolvimento de um pensamento crítico nestes futuros cidadãos.

Conhecer os processos pelos quais a ciência é construída e os fatores de dimensão humana, sócio-política e epistemológica é uma etapa importante na formação de um cidadão capaz de compreender e participar em questões tecno-científicas de sua sociedade (FORATO et al., 2011 e 2009; PRAIA et al., 2007; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1998) e refletir sobre a sua realidade (GUERRA et al., 1998; MILLAR e OSBORNE, 1998).Destacamos que um dos possíveis resultados de se trabalhar com estes aspectos é tornar as aulas mais desafiadoras e reflexivas, o que, de acordo com MATTHEWS (1995), “permite o *desenvolvimento do pensamento crítico*”(pp. 165, itálico nosso).

Outra possibilidade ao se trabalhar com aspectos da NdC através de uma abordagem histórico-filosófica é analisar mais coerentemente o conceito de ‘método científico’ (FORATO et al., 2011; MCCOMAS, 2008; MATTHEWS, 1995). Através de exemplos de episódios históricos bem selecionados (KLASSEN, 2009a; METZ et al., 2007; STINNER et al., 2003) podemos desconstruir em conjunto aos alunos a ideia de um método único e universal, que se origine a partir “apenas de observações, experimentos, deduções e induções logicamente fundados” (FORATO et al., 2011, pp. 32). E com essa crítica esperamos destacar a importância de fatores como: os métodos de validação de teorias científicas, os debates envolvidos entre cientistas no processo de construção da ciência e a influência da criatividade e subjetividade do cientista no desenvolvimento de suas ideias (HADZIGEORGIOU et al., 2011; MCCOMAS, 2008; OSBORNE et al., 2001).

Acreditamos que a desconstrução do mito do “método científico” (MCCOMAS, 1998) também sirva de auxílio no desenvolvimento de um pensamento crítico por dois motivos.

Muitos estudantes se encontram intimidados pela existência de um método o qual não compreendem, de forma que ao desconstruirmos esta ideia, podemos mostrar a eles que eles possuem o potencial de participar de discussões científicas. Além disso, através de exemplos históricos podemos ilustrar o *como* as figuras importantes da ciência atuam, como se relacionam e seus desejos e objetivos na produção científica. Esta aproximação entre o aluno e a figura humana do cientista pode motivá-los a trabalhar com ciências (MATTHEWS, 1995).

III.1 Limitações, desafios e riscos da abordagem HFC

É importante destacarmos, também, as limitações de uma abordagem histórico-filosófica no ensino de ciências. Dessa forma, apontaremos os obstáculos evidenciados por pesquisadores para o trabalho com a história e filosofia da ciência.

Tempo didático – Um primeiro obstáculo está relacionado ao que FORATO et al. (2011) chama de *tempo didático*, que é o tempo disponível em sala de aula para abordar o conteúdo histórico selecionado. Os autores nos lembram que o processo de inserir conhecimentos **sobre** as ciências em um estudo histórico é complexo e a duração não é trivial, inclusive pela possibilidade de se trabalhar aspectos epistemológicos das ciências (p. 45). O *pouco tempo disponível* foi um dos obstáculos mais votados na pesquisa realizada em MARTINS (2007, p. 121), com licenciandos, alunos de pós-graduação e professores da rede pública sobre as dificuldades de trazer a História e Filosofia da Ciência ao ensino de ciências.

Cultura escolar – Outro obstáculo com um grande número de votos na pesquisa realizada em MARTINS (2007) está na "resistência dos alunos e da própria escola, apegados ao ensino tradicional" (pp. 125). Encontramos na pesquisa de HÖTTECKE e SILVA (2011) reforço a esta condição. Esses autores defendem que os professores possuem uma *cultura escolar* difícil que dificulta o trabalho efetivo com História e Filosofia da Ciência. Dentre algumas das características levantadas pelos autores que constituem esta *cultura escolar*, encontramos: meios e estilos de comunicação e interação com as turmas, normas e valores relevantes para o ensino e a aprendizagem, os conteúdos considerados pelos professores de física como relevantes para serem aprendidos e os modos típicos de se coordenar uma aula.

Formação dos professores– Um terceiro obstáculo intimamente relacionado ao anterior está na formação dos professores de ciências (MARTINS, 2007; HÖTTECKE e SILVA, 2011). A maioria dos professores são produtos de uma educação que apresentou uma visão ingênua da NdC (OSBORNE et al., 2001) e esta concepção é recorrentemente reproduzida em suas aulas.

Material didático – A falta de preparo do professor poderia ser parcialmente contornada diante da disponibilidade de *materiais didáticos* de qualidade trazendo análises históricas da

ciência nos quais ele possa basear o seu planejamento. Entretanto, encontramos trabalhos que apontam para a má qualidade historiográfica existente em muitos livros didáticos utilizados nas escolas (PAGLIARINI e SILVA, 2007), o que está em concordância com a opinião dos professores na pesquisa realizada em MARTINS (2007).

A construção de textos históricos em livros didáticos ou paradidáticos requer um rigor historiográfico para que a História da Ciência não seja apresentada de forma ingênua ou de forma a impor as conclusões científicas pela autoridade de um discurso pautado em episódios históricos mal formulados (FORATO et al., 2011; MARTINS, 2001; ALLCHIN, 2006, 2004, 2002; MATTHEWS, 1995). ALLCHIN (2004) defende que textos históricos mal construídos podem apresentar uma *pseudo-história* aos leitores e esta acabar ilustrando uma *pseudociência*, de forma que um professor deve reconhecer certos aspectos comuns deste tipo de texto para reformular sua prática e apresentar uma visão mais coerente da NdC.

Reconhecemos as dificuldades apresentadas acima como obstáculos a serem superados ou contornados ao trazermos a abordagem histórico-filosófica ao ensino de ciências. Entretanto, o reconhecimento desses obstáculos não impossibilita o trabalho com história e filosofia da ciência, mas orienta a direção a ser seguida.

III.2 Possíveis caminhos diante de uma abordagem histórico-filosófica

Com um levantamento da literatura desta área, reconhecemos que existem autores que defendem formas variadas de se trabalhar com uma abordagem histórico-filosófica no ensino de ciências. Estas formas podem se interligar para construção de uma prática pedagógica. Dividimos as propostas em dois grandes grupos. O primeiro seria aquele referente ao recorte histórico a ser seguido. Alguns pesquisadores defendem o uso de episódios históricos, ou seja, as práticas pedagógicas estariam baseadas em um recorte histórico, que pode destacar aspectos diferentes, como uma época específica ou a vida e contribuição de algum(ns) cientista(s). Os conteúdos serão trabalhados a partir deste recorte, de forma que os seus limites e a seleção do conteúdo histórico se tornam essenciais para que o professor não apresente uma visão demasiadamente simplificada ou se estenda além do que seus tempos programados possam comportar (FORATO et al., 2011).

Encontramos artigos defendendo uma análise histórica da contribuição de certos cientistas, como Joseph Priestley (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009), Robert Mayer (MARTINS, 1984), Mayer e James Joule (COELHO, 2009), Louis Slotin (KLASSEN, 2009a), Nikola Tesla (HADZIGEORGIOU et al. 2011), Galileu Galilei (MARTINS, 1998) e William Thomson (Lord Kelvin) (KLASSEN, 2007).

Outros pesquisadores propõe um recorte histórico maior do que o de um episódio. O recorte não deve estar limitado a uma determinada época ou figura científica, ou seja, os alcances cronológicos são mais extensos, já que o foco está no desenvolvimento de certo conhecimento científico. PRAXEDES e JACQUES (2009), GUERRA et al. (1998) e KUHN (1984) apontam o foco dos seus trabalhos na análise histórica do conceito de energia, analisando as suas origens e estágios intermediários, como o conceito de *vis-viva*, mas também os fatores sociais, políticos e tecnológicos que influenciaram sua construção.

Em MILLAR e OSBORNE (1998) encontramos duas sugestões: *O modelo de partículas de reações químicas*, onde os autores sugerem uma análise histórica pode ser realizada para os estudantes compreenderem a evolução dos modelos científicos para a organização da matéria, desde a ideia de pequenas partículas indivisíveis, até a noção de moléculas e seus estados físicos. A mesma sugestão é feita para o tema *A Terra e além*, onde é possível analisarmos historicamente as primeiras visões geocêntricas de mundo e sua evolução, o referencial terrestre, o reconhecimento das condições terrestres que possibilitam vida, a utilização de novas tecnologias para observarmos o espaço (como o telescópio) e a evolução da classificação dos corpos e fenômenos astrais.

Além dos recortes a serem feitos no conteúdo, encontramos na literatura diferentes propostas no que se refere ao material didático a ser utilizado:

Experimentos históricos – Algumas propostas incluem o estudo de um recorte histórico, podendo ser tanto de uma época, vida de um cientista ou um conteúdo, envolvendo a reprodução de experimentos realizados neste recorte, muitas vezes acompanhados dos trabalhos originais dos cientistas responsáveis. Em KLASSEN (2007) encontramos uma proposta de estudo dos desafios enfrentados por um contingente de cientistas para atravessar o primeiro cabo de comunicação através do oceano Atlântico. O foco do estudo está sobre o trabalho e tremendo esforço de William Thomson (Lord Kelvin), incluindo a reprodução, por parte dos alunos, de experimentos para medir a resistência e capacitância de materiais que teriam sido utilizados na construção do cabo, cuja constituição foi motivo de muitos problemas técnicos.

Textos literários – Encontramos muitos trabalhos apoiando a utilização de textos literários de caráter histórico para o ensino de ciências (KLASSEN, 2010 e 2006; METZ et al, 2007; STINNER et al., 2003; MILLAR e OSBORNE, 1998). Identificamos dois tipos de trabalhos diferentes. Um grupo incentiva a produção de textos literários pelos alunos a partir do estudo histórico de um tema. Em PILIOURAS et al. (2010) os alunos do Ensino Fundamental são incentivados a estudar a história da Astronomia, com foco no debate geocentrismo-

heliocentrismo, e produzirem textos literários narrativos, que depois serão transformados em filmes.

Em segundo lugar, há grande incentivo na utilização de textos literários do gênero narrativo, alguns construídos pelos próprios pesquisadores, para serem utilizados em aulas de ciências. Em METZ et al. (2007) e STINNER et al. (2003) encontramos algumas formas nas quais um texto narrativo pode ser construído para ser utilizado no ensino de ciências: 1 - *História*, onde o texto apresenta uma sequencia de eventos e ações realizadas por personagens (JAHN 2001, apud. METZ et al., 2007). 2 – *Linha Histórica*, forma que propõe um extenso recorte histórico, com o foco no desenvolvimento de um conhecimento científico, como apresentado acima. Nesta forma, o texto narra uma sequência de episódios históricos tendo em foco a evolução de algum conhecimento científico. 3 – *Vinhetas* ou *Anedotas*, onde pequenas histórias são apresentadas com o objetivo de chamar a atenção dos alunos, com a possibilidade de serem desmembradas em outras histórias no andamento do estudo. 4 – *Confrontos, Diálogos* e *Dramatização*, forma na qual textos literários são construídos destacando confrontos entre cientistas famosos, ou diálogos sobre algum tema científico entre personagens históricos ou imaginários (formato utilizado por Galileu Galilei em seu *Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo*), ou textos de caráter teatral, onde os aspectos da dramatização e confrontos entre personagens captam a atenção do leitor. E, por último, 5 – *Narrativa Histórica*, forma onde um pequeno texto narrativo é construído para “abrir as portas” ao ensino de algum conteúdo.

Nosso grupo de pesquisa reconheceu um potencial na utilização da *Narrativa Histórica* como ferramenta pedagógica para a nossa proposta. Desta forma, iremos elaborar um pouco sobre as características deste tipo de texto literário e seus potenciais e limitações para o ensino de ciências.

III.3 A Narrativa Histórica como ferramenta pedagógica

Inspirado no trabalho realizado em KLASSEN (2009a) nosso grupo decidiu por explorar o potencial do uso de textos literários narrativos como ferramenta pedagógica em uma abordagem histórico-filosófica. O trabalho de KLASSEN (2009a) destina-se a análise da resposta de alunos universitários ao lerem um texto narrativo de caráter histórico. Um dos objetivos pedagógicos desta ferramenta foi introduzir em uma disciplina experimental do curso de Física o estudo de um caso histórico: o do cientista Louis Slotin e seus trabalhos com elementos radioativos que auxiliaram o desenvolvimento da primeira bomba atômica. Diante das características do final trágico deste personagem, cuja morte foi causada por uma súbita exposição a altos índices de radioatividade, uma atividade experimental envolvendo o estudo de métodos de proteção contra radiação acompanhou o uso do texto narrativo.

Entretanto, o principal objetivo do texto narrativo foi o de suscitar a curiosidade dos alunos, ao mesmo tempo em que levantou dúvidas de natureza científica e histórica. Estas dúvidas foram registradas em forma de questões e entregues ao professor responsável para análise. As respostas foram categorizadas e a análise teve como principal objetivo avaliar uma metodologia para a utilização deste tipo de texto e teste do seu potencial de “abrir portas” de um conteúdo.

O texto utilizado neste trabalho apresentava certas características que o destacava, como: um tamanho pequeno (duas páginas), para que fosse possível colocá-lo como “abridor de portas” no início do estudo do tema; um recorte histórico focado em um cientista e no seu trabalho, com um enredo que apontava para a importância de métodos de proteção contra radiação, que era exatamente o conteúdo a ser ensinado no curso; e a presença de *dramatização* na escrita do texto, aspecto que chama a atenção dos leitores, desenvolvendo interesse e curiosidade. Desta forma, nosso grupo de pesquisa decidiu por classificar este tipo de ferramenta como *Narrativa Histórica*.

Posteriormente, encontramos em outros trabalhos do mesmo autor a utilização de outros textos narrativos (KLASSEN, 2009b e 2007; HADZIGEORGIOU et al., 2011). Os autores não os classificam como *Narrativas Históricas* (NH), mas seus textos apresentam as três características destacadas acima e os mesmos objetivos pedagógicos: introduzir o tema do conteúdo, gerar curiosidade nos alunos e fazê-los levantar e registrar dúvidas. Entretanto, as práticas utilizadas em cada trabalho, que seguiam a aplicação das NH, diferem de acordo com cada proposta pedagógica.

Mediante nosso interesse no potencial desta ferramenta, buscamos fundamentos teóricos para o processo de construção de NHs, como será apresentado no Capítulo V: *Construção das Narrativas Históricas*. Uma característica que as NHs construídas em nosso projeto compartilham com as utilizadas em KLASSEN (2009a) é a ficção e o drama como ferramentas literárias que busquem chamar a atenção dos alunos. Entretanto, ao contrário de KLASSEN (2009a), não utilizamos episódios históricos que estejam relacionados diretamente à vida dos alunos, como é o caso da NH sobre Louis Slotin, utilizada com alunos da universidade onde este cientista trabalhou.

Após a construção do primeiro texto, nosso grupo iniciou o planejamento de um projeto pedagógico para aulas de ciências do Ensino Fundamental, que resultou na construção e aplicação de três NHs no total. Decidirmos por manter os objetivos principais destes textos, como apresentado acima, mas as atividades posteriores foram resultado de uma reflexão sobre a utilização desta ferramenta no nível de escolaridade escolhido. A metodologia escolhida será apresentada a seguir.

Capítulo IV – Metodologia

Enquanto a ideia desta proposta ganhava formato, um dos componentes do nosso grupo de pesquisa se tornou professor do 9° ano do Ensino Fundamental de uma escola particular de uma zona nobre do Rio de Janeiro. Como todo o conteúdo proposto para o 9° ano desta escola, estava fundamentado sobre o tema 'Energia', nos motivamos a voltar a aplicação do nosso projeto para a escola em questão. Assim, o grupo de pesquisa desenvolveu as etapas do projeto concomitante com a sua aplicação, de forma que os resultados de cada atividade eram trazidos às nossas reuniões, possibilitando uma constante reflexão para o planejamento de ações futuras.

Primeiro apresentaremos a metodologia utilizada para coletar dados para a análise do projeto. Em seguida, iremos apresentar a metodologia do trabalho realizado em sala, descrevendo como os métodos de coleta de dados foram articulados à prática em sala.

IV.1 Metodologia para coleta de dados para a pesquisa

Nosso objetivo não era somente o desenvolvimento e aplicação de um projeto pedagógico, mas também uma tomada e análise de dados resultantes da nossa atuação, buscando subsídios para futuras reflexões para o ensino de ciências (AZEVEDO, 2004; CARVALHO e Gil-Pérez, 2001; BOGDAN e BIKLEN, 1999). Escolhemos métodos de coleta de dados sobre os quais pudéssemos realizar análises qualitativas que iriam orientar as decisões do nosso grupo e nos auxiliar na tentativa de responder a nossa pergunta de pesquisa (KLASSEN, 2009a, 2006; BOGDAN e BIKLEN, 1999). Optamos pelo desenvolvimento e aplicação de ferramentas diferenciadas para coleta de dados da pesquisa. A coleta de dados esteve sempre articulada à prática. Utilizamos as seguintes ferramentas como instrumentos de coleta de dados da pesquisa:

1- *Registro de questões por parte dos alunos a partir da leitura das Narrativas Históricas* (inspirado pelo trabalho de KLASSEN (2009a, 2006)) – Como dito anteriormente, o principal objetivo de uma NHestá no levantamento de dúvidas e curiosidades, registradas pelos alunos em forma de questões durante a leitura dos textos. Estas questões foram categorizadas para cada NH (vide Capítulo VI: Descrição das Atividades) para realizar análises com o objetivo de: a) reconhecer que tipos de dúvidas e curiosidade surgiram com a leitura das NHs (KLASSEN, 2009a e 2006)(Cap. VII: Análise dos Resultados); b) orientar o planejamento das aulas que seguem a leitura das NHs (CARVALHO e Gil-Pérez, 2001); c) servir como fonte para a construção de um questionário a ser aplicado em seguida às aulas planejadas no item b, descrito a seguir.

2- *Respostas dos alunos ao questionário construído a partir das questões levantadas na ferramenta 1* – As questões levantadas com a ferramenta 1, acima descrita, serviram como fonte para a construção de um questionário a ser resolvido pelos alunos. As respostas elaboradas pelos alunos a esses questionários foram recolhidas e levadas para a análise pelo nosso grupo de pesquisa. Essa ferramenta foi inspirada pelo levantamento de questões dos alunos realizado em KLASSEN (2009a). Entretanto, a construção de um questionário para ser realizado pelos alunos a partir da seleção de algumas destas perguntas foi acrescentado pelo nosso grupo de pesquisa.

3- *Respostas dos alunos às questões presentes em testes e provas – Alguns* testes e provas determinados pela escola foram recolhidos para análise por conterem questões sobre o conteúdo trabalhado com as NH.

4- *Gravação do áudio e transcrição do discurso dos alunos em algumas discussões realizadas em sala* (BOGDAN e BIKLEN, 1999) – Houve dois momentos em que o professor realizou discussões com os alunos em sala (ver Cap. VI: Descrição das Atividades): durante as aulas que foram inspiradas pelas questões levantadas pela ferramenta 1, nas quais o professor apresentava o conteúdo do tema da NH; e após a correção e devolução dos questionários realizados (ferramenta 2), quando o professor propôs uma discussão envolvendo as respostas dos alunos. Estas últimas discussões foram gravadas áudio. Apenas algumas foram registradas em vídeo, devido a impedimentos colocados pela direção da escola em questão.

5- *Um diário pessoal, escrito pelo professor* (BOGDAN e BIKLEN, 1999) – Desde o início do ano letivo e após cada aula envolvida nesse projeto o professor registrava suas impressões e opiniões sobre as turmas e como as atividades estavam sendo realizadas. No Capítulo VII: *Análise dos Dados* estes registros serão cruzados com as análises dos resultados das atividades com o objetivo de respondermos nossas perguntas da pesquisa.

Estas ferramentas serão utilizadas em pontos específicos das atividades, cuja metodologia será descrita a seguir:

IV.2 Metodologia das atividades em sala

Acreditamos ser importante a definição do perfil da escola onde foi aplicado o nosso projeto pedagógico, seguido de uma análise das três turmas que participaram do projeto, com o objetivo de traçar um perfil de cada turma antes da aplicação do projeto pedagógico.

IV.2.1 A escola

Localizada em uma zona nobre do Rio de Janeiro, esta escola particular se propõe a educar crianças e jovens de famílias da classe A, atribuindo, assim, um alto custo de mensalidade. Entretanto, a escola se considera de inclusão, diante do ingresso de alunos com bolsas de auxílio ao estudo, algumas integrais. Nas três turmas participantes deste projeto, encontramos apenas um aluno nesta situação. Diante da sua boa participação em sala e das diferenças insignificantes entre seu resultado e de outros alunos, não levamos sua situação em conta nesta análise. Entretanto, devemos destacar que há uma dedicação da escola para com alunos que apresentam avaliações e diagnósticos psicológicos, relacionados a disfunções cognitivas e déficits de atenção. Encontramos alunos com este quadro nas turmas 2 (2 alunos) e 3 (2 alunos). O comportamento destes alunos será destacado na análise das atividades. Todos estes alunos tomavam medicamentos voltados a estas condições.

Com alunos do Ensino Infantil ao Médio, esta escola propõe um ensino construtivista e incentiva seus professores a desenvolverem projetos pedagógicos interdisciplinares e problematizadores. Ela também é reconhecida pela qualidade e ênfase dada ao ensino de disciplinas da área de humanas e artes, disponibilizando disciplinas como teatro, fotografia e filosofia. Estes foram fatores que auxiliaram na aceitação, por parte da coordenação, da aplicação da nossa proposta pedagógica histórico-filosófica nas aulas de Ciências-Física dos seus alunos de 9° ano do Ensino Fundamental 2 (de 6° a 9° ano). O 9° ano também tinha aulas de Ciências-Química ministradas por outra professora.

Uma dificuldade enfrentada por esta escola é a falta de empenho dos alunos do Ensino Fundamental II na realização de tarefas de casa, mas também dentro de sala diante de questões atitudinais. Reconhecemos esta condição a partir de conversas com alguns professores e do discurso da coordenação do ensino fundamental. Por esta condição, a coordenação impõe medidas para ampliar o número de tarefas e, também, para fiscalizar o cumprimento dessas tarefas. Esse foi um fator importante no planejamento e aplicação das atividades, visando contornar este aparente descompromisso para com as atividades escolares.

IV.2.2 As turmas

Após a apresentação do perfil da escola, iremos analisar as *três* turmas de 9° ano que participaram do nosso projeto pedagógico. A partir de informações registradas no *diário pessoal* do professor, traçamos características de alguns alunos com o objetivo de conhecer melhor o perfil das turmas no primeiro bimestre de aula (BOGDAN e BIKLEN, 1999). Procuramos identificar as primeiras impressões do professor sobre a sua relação com as turmas, o comportamento dos alunos em sala, o interesse demonstrado às aulas e o empenho

em realizar tarefas apresentadas em sala. Estas informações serão comparadas ao comportamento dos alunos durante as atividades gerando reflexões sobre a eficácia do uso de NH em um ensino histórico-filosófico de ciências (KLASSEN, 2007 e 2009a).

A turma 1 se apresentou, desde o início das aulas como a melhor turma em relação à disciplina, ao interesse e aos resultados em avaliações. Encontramos nela muitos alunos interessados, curiosos e quase sempre atentos e participativos, principalmente em discussões propostas pelo professor. Aparentemente, na visão do professor, o maior "problema" desta turma nas primeiras aulas está no constante questionamento e nas inúmeras curiosidades sobre o conteúdo ou questões de caráter científico. Reconhecemos estas condições em um trecho do *Diário* do professor: *"Turma 1 se destaca. Mantém o respeito em geral [...] como responder tantas perguntas?"*.

Este cenário não se mantém na íntegra durante o restante do bimestre. O professor começa a perceber que o grande número de alunos interessados e questionadores tende a sobrepor outros alunos que se mantêm inertes. Na sua visão, a turma é composta por: metade dos alunos participativos e interessados, um quarto dos alunos comportados, que acompanham as aulas, e um quarto de alunos que perdem a atenção durante as aulas, não se importam e nem participam de discussões sobre questões alheias. Em poucas semanas este último contingente de alunos começou a formar grupos de conversa paralela durante discussões entre o professor e outros alunos. Mesmo assim, durante o primeiro bimestre de aulas esta turma manteve esta característica participativa e interessada, além dos melhores resultados em avaliações obrigatórias pela escola. Destacamos um trecho do diário do professor que ilustra este cenário: *"[Turma 1] é excelente nas discussões e no levantamento de questões. Excelente participação de vários grupos, mas as discussões abrem espaço para a conversa e sempre há 1 ou 2 grupos que se desviam, atrapalhando o geral."*

Em relação à turma 2, o professor se deparou com uma situação difícil no início do primeiro bimestre. Alguns alunos apresentaram falta de cooperação com o silêncio nas aulas e desrespeito com a autoridade do professor. Isto gerou uma má impressão da turma e uma péssima expectativa no seu envolvimento com as atividades do projeto. Após algumas semanas de aula, a relação turbulenta se apaziguou, tornando possível o reconhecimento do imenso potencial de alguns alunos. Entretanto, destacamos que a falta de respeito à autoridade do professor, não somente no primeiro bimestre, foi uma questão constante nesta turma, inclusive a partir dos alunos que apresentavam diagnósticos psicológicos. Estes alunos constantemente destacavam a sua condição cognitiva, suportando uma situação de 'vítima' para justificar comportamentos inadequados, aumentando a dificuldade do professor com a disciplina em sala.

Após as primeiras avaliações, o professor identificou uma disparidade entre o rendimento dos alunos da turma 2. Enquanto um grupo apresentava ótimos resultados em avaliações (melhores que os da turma 1), outros dificilmente atingiam a média da escola. Alguns alunos de destaque do primeiro grupo começaram a se destacar nas aulas, com uma excelente participação, contribuindo às discussões propostas pelo professor. Além disso, o professor reconheceu uma forte característica desta turma: a formação de grupos bem definidos de alunos. Era intensa a união e a pouca interação entre esses grupos. Não buscamos traçar características de cada um dos grupos, mas este cenário será reconhecido durante as análises das atividades inspiradas pelas NH. Uma definição do perfil da turma 2 é dada pelo próprio professor: *"Certos alunos não param de falar. Hoje os grupos de conversa estavam calmos e continuam muito bem definidos. Não sei o que fazer com alunos como A. e B.*(alunos com diagnóstico psicológico). *Compensa saber que alguns participam bem das aulas."*

A turma 3 repetiu o comportamento da turma 1 no início das aulas, contendo alunos questionadores e criativos em suas colocações em sala. Entretanto, em poucas aulas a desordem cresceu e se tornou um problema maior do que na turma 2. Isto ocorria principalmente nos trabalhos realizados em grupo e nas aulas em laboratório, registradas pelo professor como "*Puro caos*". Soma-se a este quadro a presença de alunos que não somente desrespeitavam a autoridade do professor, mas tentavam passar por cima dela e o desafiavam constantemente. Um aluno em particular, apresentando um diagnóstico psicológico cognitivo, constantemente questionava as tarefas propostas pelo professor, incidindo sobre o andamento das aulas. Vale acrescentar que o professor ouvia relatos de outros professores identificando a turma 3 como a turma mais difícil de lidar por questões atitudinais.

Uma característica positiva da turma 3 foi definida pelo professor pela sua "*animação e pensamento criativo"*, a partir dos trabalhos em grupo realizados no primeiro bimestre. Acrescentamos outro ponto positivo na presença de dois alunos que se destacaram nas aulas, trabalhos e avaliações, recebendo o reconhecimento da turma como líderes da sala. A relação destes alunos com o professor foi muito boa, de forma que ele buscou o apoio dos dois para alcançar maior controle da turma, buscando acrescentar ao nível de qualidade das aulas.

Em uma visão geral, o professor enxergava a turma 1 como a com melhor perfil escolar, desfrutando de uma boa relação com todos. Já nas turmas 2 e 3, o cenário vivido era mais difícil. Na turma 2, o professor vivenciava uma oscilação entre uma intensa falta de disciplina desafiadora e preocupante em uma aula e em outra uma calmaria com excelente participação de alguns alunos. Já na turma 3, a indisciplina era menos intensa, mas era constante, de forma que, mesmo parecendo existir uma empatia entre o professor e a turma, as interrupções em sala eram constantes e grande parte dos alunos dava pouca importância às aulas.

IV.3Etapas da aplicação da proposta

A proposta foi aplicada em três turmas de 9° ano do Ensino Fundamental. A Turma 1 e a Turma 3 continham 29 alunos, enquanto a turma 2 continha 28 alunos, todos com idades entre 14 e 15 anos. O professor responsável pela aplicação dispunha de dois tempos de aula por semana (de 50 minutos cada) com cada turma. As aulas da Turma 2 ocorriam em um dia diferente, o que deixou um tempo para reflexão e reformulação das atividades entre esta turma e as outras duas. Daqui em diante chamaremos de *aula* o conjunto dos dois tempos por semana.

O planejamento das atividades esteve ligado ao programa determinado pela escola em questão, ao conteúdo e à sua organização no livro didático adotado pela escola. Ao analisar o livro didático, nosso grupo de pesquisa selecionou três dos seus capítulos para desenvolver as atividades envolvendo as NHs. Os temas destes capítulos eram: 1 – CALOR; 2 – RADIAÇÃO e 3 – ELETRICIDADE.

Esses temas deveriam ser trabalhados nesta ordem, seguindo o programa escolar, e durante o segundo e terceiro bimestres do ano letivo. Já que as atividades inspiradas por cada NH durou cinco tempos de aula (cerca de três semanas), foi possível que o nosso grupo de pesquisa utilizasse as análises das atividades envolvendo uma *Narrativa Histórica* para reorganizar o planejamento das atividades seguintes.

Em cada um dos três temas repetimos a mesma metodologia, cujas etapas estão estritamente relacionadas e apresentadas a seguir:

Etapa I (Aula 1, últimos 15-20min da aula) – Entregamos aos alunos uma NH, cujo processo de construção será discutido posteriormente. Os alunos foram orientados a ler o texto em sala e registrar ***três*** questões que lhes vieram à cabeça durante a leitura (Ferramenta 1), como proposto em KLASSEN (2009a e 2006) e em HADZIGEORGIOU et al. (2011). As questões, construídas a partir das dúvidas e curiosidades dos alunos sobre o texto, poderiam estar relacionadas a qualquer informação contida na NH. Cada aluno registrou suas questões em uma folha e a entregou ao professor ao término da aula. Esta etapa durou cerca de 25 minutos e contou com a cooperação da turma para que a leitura do texto seja feita em silêncio.

Etapa II (Planejamento 1a) – Após a aula 1 o professor realizou uma análise e categorização das questões levantadas pelos alunos (pela Ferramenta 1). Cada NH inspirou diferentes tipos de questões apresentadas pelos alunos, obrigando o professor a utilizar categorias específicas, que serão descritas no Capítulo VI: *Descrição das Atividades*. Esta categorização teve dois objetivos: a) apontar ao professor que tipos de perguntas foram levantadas em cada turma e os números de ocorrências em cada categoria, revelando os

aspectos do texto para os quais os alunos deram mais importância. Isto visou tanto facilitar o planejamento da aula seguinte (Etapa III), quanto possibilitar uma análise quantitativa e qualitativa das questões levantadas para cada NH. Essa análise será realizada no Capítulo VII: *Análise dos Resultados*.

Etapa III (Planejamento 1b) – A aula seguinte foi planejada para trabalhar o conteúdo do tema em questão a partir de uma abordagem histórico-filosófica. A aula foi construída em power point, para explorar imagens, fotos, simulações ou vídeos O planejamento inicial desta aula já envolvia o conteúdo presente no livro didático que deveria ser seguido, além do conteúdo histórico presente na NH. Entretanto, as questões levantadas pelos alunos (Ferramenta 1) foram utilizadas pelo professor para modificar este planejamento. A partir delas, foi dado maior destaque ou incluído aspectos que mais geraram dúvidas e curiosidade em cada turma, acrescentando à aula momentos de discussão sobre os aspectos histórico-filosóficos trazidos pelas perguntas dos alunos.

Etapa IV (Aula 2, 100 minutos) – A aula da semana seguinte (100 minutos) seguiu as seguintes etapas: enquanto o professor apresentava o Power Point, os alunos, previamente orientados, realizavam anotações e participavam de discussões histórico-filosóficas a partir de questões expostas pelo professor. Essas questões poderiam vir do próprio professor a partir do conteúdo da apresentação, das perguntas levantadas pelos alunos pela Ferramenta 1 ou inspiradas pelas perguntas trazidas da entrevista, contanto que alimentassem uma discussão de caráter histórico-filosófico em sala com a participação da turma. Esta atividade tomou uma aula inteira.

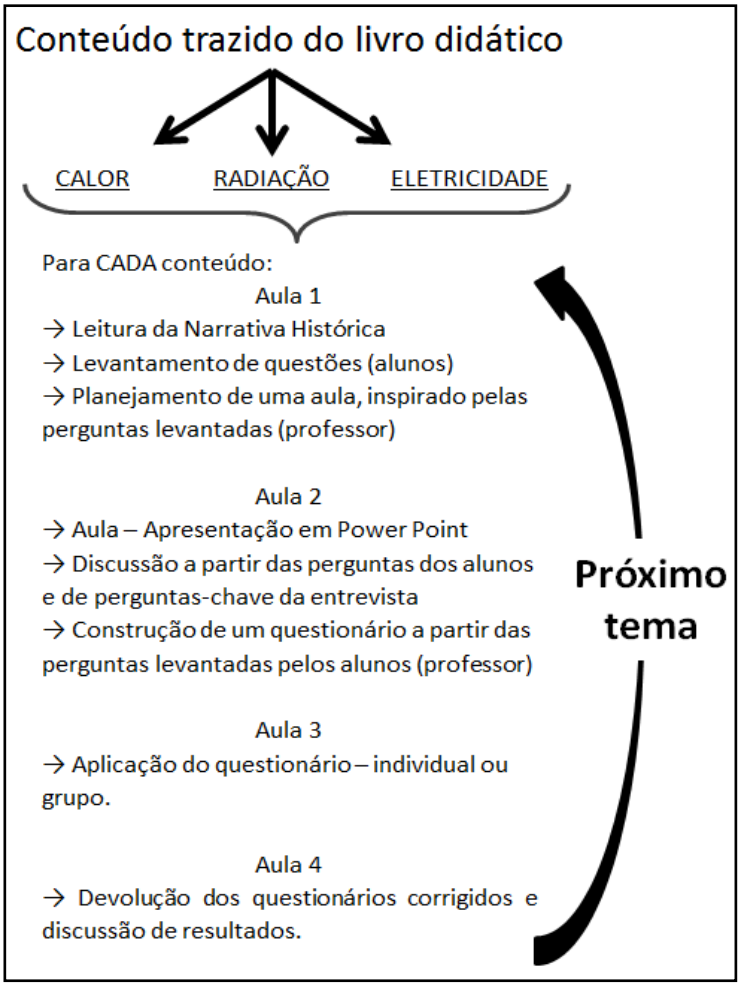
Etapa V (Planejamento 2) – Após o conteúdo ter sido apresentado na aula anterior, o professor voltou às questões categorizadas dos alunos para construir um *questionário* (Ferramenta 2) que seria posteriormente retornado a eles. Foram selecionadas entre 8 e 10 questões de acordo com o seguinte critério: a) que apresentassem maior relevância ao conteúdo do tema em questão; b) que tivessem alimentado discussões histórico-filosóficas em sala; c) que tivessem instigado discussões importantes sobre o conceito de energia.

O trabalho com cada NH resultou em um número de questionários diferentes e com tamanhos específicos, como será relatado no Capítulo VI: *Descrição das Atividades*.

Etapa VI (Aula 3, últimos 60 min da aula) – O professor dividiu cada turma em duplas e entregou os *questionários* (Ferramenta 2)para que fossem resolvidos em sala durante 60 minutos, sem consulta e anunciando que este seria avaliado com o mesmo peso da avaliação formal obrigatória da escola.

Etapa VII (Aula 4, primeiros 50 min da aula) – Os questionários, corrigidos e avaliados entre aulas, foram entregues às duplas e foi aberta uma discussão entre todos sobre os resultados, através das questões em que os alunos tiveram maior dificuldade. Os resultados dos questionários foram copiados e guardados pelo professor (Ferramenta 2). Algumas dessas discussões foram gravadas (Ferramenta 3) para registrarmos a fala dos alunos em sala.

Ao término desta etapa o professor concluía um dos três temas selecionados e continuava seguindo os conteúdos propostos pelo livro didático até chegar ao próximo tema selecionado. Neste ponto ele retorna à Etapa I, reiniciando o processo a partir de uma nova NH. Esquematizamos estas atividades para que a sequência realizada em nossa proposta pedagógica fique clara ao leitor:



Esquema 1 – Sequência pedagógica das atividades envolvendo as Narrativas Históricas

Capítulo V – A Construção das Narrativas Históricas

No início da construção das NHs, reconhecemos que o maior desafio seria a articulação entre os aspectos relacionados aos objetivos da prática pedagógica em questão (KLASSEN, 2009a, 2006; HADZIGEORGIOU et al., 2011; METZ et al., 2007) e os diversos aspectos considerados por autores da área como importantes para a construção de um texto literário com uso no ensino de ciências (NORRIS et al., 2005; KLASSEN, 2009a; KUBLI, 2001; METZ et al. 2007).

KLASSEN (2009a) aponta que ainda não foi estabelecida uma tradição de abordagens teóricas, com base na teoria narrativa e na teoria da aprendizagem, para o uso de histórias no ensino de ciências. Dentre os trabalhos que discutem a importância e utilização de textos narrativos para o ensino de ciências, que ainda são poucos (NORRIS et al., 2005), encontramos poucas referências à construção e aplicação do que é chamado de *Narrativa Histórica* (KLASSEN, 2009a). Esta falta de fundamentação teórica se tornou um desafio adicional ao processo de escrita dos textos.

Nosso trabalho propõe um projeto pedagógico que envolve a utilização de NHs, construídas pelo nosso grupo de pesquisa, no ensino de ciências. Entretanto, não podemos descartar a possibilidade de que outros professores busquem construir suas próprias NHs. Desta forma, é importante nos lembrarmos de uma dificuldade adicional que vem da falta de experiência comum entre professores de ciências em escrever textos literários, habilidade pouco desenvolvida em cursos de licenciatura (NORRIS, 2005; KLASSEN, 2009a). Entretanto, concordamos com KUBLI (2001) que este obstáculo pode ser levado como um desafio a ser enfrentado por professores de ciências. O autor defende que para que uma história seja contada de forma eficaz, devemos desenvolver cuidadosamente sua estrutura em relação à organização dos fatos narrados. Há, também, "um elemento lógico, senão matemático, essencial à composição de uma boa trama" (KUBLI, 2001, p. 595), de forma que cada história tem sua lógica apropriada. Concordamos com o autor que o professor que se envolva com a escrita de textos narrativos para a utilização no ensino de ciências pode desenvolver uma melhor compreensão do processo de narração e, assim, uma melhor habilidade em contar histórias. Logo, sua didática poderá ser aprimorada diante da utilização de uma abordagem histórico-filosófica para o ensino de ciências, através da qual irá, muitas vezes, relatar fatos históricos em um curto tempo dentro de sala.

Concordamos com MILLAR e OSBORNE (1998) que o uso da forma narrativa para comunicar ideias pode torná-las mais "coerentes, memoráveis e significativas", o que atua diretamente sobre a didática e as práticas pedagógicas do professor de ciências. NORRIS et al. (2005) acrescenta que diversos trabalhos já apontaram para uma dificuldade que estudantes

enfrentam com textos expositivos, considerados mais difíceis de ler e compreender do que textos do gênero narrativo.

Além das análises anteriores, foi preciso considerar que para usarmos no projeto pedagógico aqui descrito, as NHs, inspiradas pelos trabalhos de KLASSEN (2009a) e HADZIGEORGIOU et al. (2011), estas deveriam estar bem elaboradas em relação a certos aspectos: a nível pedagógico, histórico e literário. Diante da sua importância para o planejamento e organização das atividades contidas no projeto, sua qualificação a nível pedagógico se torna essencial para a realização dos objetivos previstos e estará não somente no texto (NORRIS et al, 2005; KLASSEN, 2009a; KUBLI, 2001), mas também no como ele será articulado à prática (KLASSEN, 2009a). É difícil julgarmos a qualidade a nível pedagógico e a eficácia de qualquer texto literário utilizado no ensino de ciências apenas ao lê-lo. De acordo com KLASSEN (2009a), "não há uma base estabelecida para avaliar histórias, além de observar o seu efeito no aprendizado". Desta forma se torna inviável avaliarmos todo o potencial pedagógico das narrativas analisando somente os textos isolados. Assim, realizaremos a avaliação do texto narrativo em conjunto com a metodologia utilizada para sua aplicação. Porém para que possamos analisar os dados da pesquisa de forma mais consistente apresentaremos nesse capítulo apenas os caminhos seguidos para a construção dos três textos.

Um objetivo dasNHs está no seu potencial de proporcionar um ensino de ciências que leve em consideração como o conhecimento científico é construído, que fatores influenciam nesta construção, como os agentes atuantes neste meio se comportam; o que chamamos de Natureza da Ciência (NdC). Esta característica influenciou tanto na escolha dos recortes históricos com os quais iríamos trabalhar quanto no como o texto narrativo iria apresentá-los. Cada narrativa trabalhou com aspectos da NdC diferentes que serão analisados individualmente.

Uma segunda análise, a nível histórico, pôde ser realizada durante a construção das narrativas. Assim, discutiremos aqui como o autor desse trabalho buscou construir textos com a maior fidelidade historiográfica, procurando na literatura existente informações históricas sobre cada conteúdo das narrativas. Entretanto, foi a partir de uma análise da própria proposta pedagógica e do conteúdo escolar a ser trabalhado em cada momento, que os autores escolheram *quais* informações históricas eram relevantes para se acrescentar a cada narrativa. As consequências para o texto final destas escolhas, tomadas durante sua construção, serão discutidas em seguida.

Uma última preocupação dos autores se referiu ao caráter literário dos textos. Baseados nos trabalhos de NORRIS et al. (2005), KLASSEN (2009a) e METZ et al. (2007) os autores

buscaram construir textos com os aspectos literários considerados como importantes para que as narrativas pudessem cumprir com seus objetivos.

Aspectos importantes para a construção

Antes de iniciar a apresentação e discussão das narrativas em si, é importante destacar que se optou por construir textos pequenos, que tivessem no máximo três páginas. Isto se deve à posição das NHs na prática pedagógica, proposta inspirada pelos trabalhos de KLASSEN (2009a, 2006) e HADZIGEORGIOU et al. (2011): elas não devem ser vistas como um texto que traga somente conteúdo e que deva ser estudado isoladamente, mas sim uma ferramenta cujo principal objetivo é levantar dúvidas em forma de questões no início de cada conteúdo a ser trabalhado em sala. Assim, é importante que a narrativa seja construída de forma a suscitar dúvidas que tenham a capacidade de alimentar a curiosidade dos estudantes em relação ao tema. Vale lembrar que as atividades pedagógicas seguintes à leitura das narrativas estarão baseadas neste levantamento, de forma que as dúvidas e curiosidade dos alunos ocupam um papel primordial no projeto.

Como o processo de escolha de quais episódios históricos seriam trabalhados nesta proposta já foi analisado anteriormente, neste capítulo iremos apresentar como cada texto foi construído a partir dos aspectos considerados como importante sem um texto literário narrativo a ser utilizado no ensino de ciências: 1 – Aspecto Histórico, 2 – Aspecto Literário e 3 – Aspectos da Natureza da Ciência.

Aspecto histórico

O conteúdo histórico de cada NHserá descrito adiante ao analisarmos cada uma individualmente. Entretanto, alguns aspectos são comuns a todas as narrativas. O processo de construção de um texto histórico requer uma pesquisa que o torne fiel à história percorrida por historiadores até hoje. Concordamos com MARTINS (2001) que escrever sobre história da ciência é um desafio menosprezado por muitos que não possuem o conhecimento adequado e nem o treinamento nas técnicas de trabalho desta área. Mas neste trabalho não buscamos escrever textos sobre história da ciência, mas narrativas baseadas em evidências históricas aceitas atualmente por especialistas. Isto é, cada NH é alimentada pelas evidências históricas encontradas na literatura especializada existente, sofrendo, entretanto, acréscimos literários diante do gênero do texto.

Diante do número de trabalhos sobre história da ciência escritos por não-especialistas na área contendo erros historiográficos (MARTINS, 2001), um dos requisitos considerado nesse trabalho como necessário para a construção das narrativas foi o cuidado no levantamento de pesquisas históricas sobre os temas selecionados. Com um levantamento de

informações trazidas de diversos trabalhos, realizamos um cruzamento destas informações com o objetivo de certificar a fidelidade historiográfica de cada NH.

Seria ingênuo acreditarmos que seria possível um levantamento destas informações históricas e sua transposição para os textos literários de forma totalmente imparcial. Ao escrevermos uma NH é importante levarmos em consideração qual é a interpretação histórica que estamos dando ao material histórico levantado? Um tipo de interpretação é o que Herbert Butterfield (1931, 1959, apud. KLASSEN, 2009a, apud. ALLCHIN, 2004) chamou de “whig approach”, onde os dados históricos são analisados em comparação aos nossos conhecimentos e valores atuais. Isto pode levar o professor escritor a subestimar informações antigas diante de uma suposta superioridade do nosso conhecimento atual (FORATO et al., 2011). De acordo com ALLCHIN (2004), o “whiggism” traz a história como um artifício para legitimar a autoridade da ciência, como se apagasse a contingência dos eventos históricos e fizesse parecer que seus resultados eram inevitáveis. Nesta interpretação os atores históricos parecem agir por motivos anacrônicos, fato adicional que ajuda a deformar a natureza do processo de construção da ciência (MARTINS, 1993, 1990).

Em um polo oposto há outro tipo de interpretação, na qual se acredita que o material histórico deve ser interpretado somente em comparação com o conhecimento e contexto do tempo e lugar em questão. Esta interpretação foi chamada de “história-horizontal” por MAYR (1990, apud. KLASSEN, 2009a) e pode vir a ser cansativa a um leitor não especialista, pois normalmente este tipo de texto apresenta apenas uma sequência cronológica de eventos restrita ao contexto local.

Também encontramos textos baseados em autobiografias de cientistas que descrevem suas participações em episódios científicos. Estas apresentam um grande potencial de legitimar o conteúdo apresentado, diante da confiabilidade da fonte (KRAGHT, 1987, apud KLASSEN, 2009a). Entretanto, estes registros “internos” muitas vezes não buscam uma fidelidade com os fatos e acontecimentos, mas apresentam a visão do escritor sobre estes, tendendo assim a romantizar os eventos e apresentar a ciência como uma consequência inevitável da força do progresso (KLASSEN, 2009a).

De modo a evitar a utilização demasiada de uma das interpretações apresentadas acima e assim produzir textos de *Pseudo-história* (ALLCHIN, 2004), os autores procuraram escrever as narrativas utilizando as três interpretações em conjunto, mas de modo equilibrado (KLASSEN, 2009a). Os autores encontraram um grande desafio em determinar a *profundidade* de cada episódio histórico (FORATO et al, 2011) apresentado nas NHs, ao mesmo tempo em que enfrentavam uma limitação cronológica entre a construção e aplicação de cada uma delas. Deste modo, os textos foram constantemente revisados, inclusive após as suas utilizações na

prática pedagógica, de modo a possibilitar correções históricas e reconstruções de trechos que levassem a uma visão incoerente da NdC. Entretanto, nos Apêndices apresentamos os textos nas formas originais, do modo como foram aplicados. Assim, esperamos que um professor que trabalhe com NHs fique motivado a realizar uma constante reavaliação e reconstrução do seu material ou do disponível neste trabalho.

Uma característica em comum às três narrativas deste projeto é a forte participação de um ou dois cientistas, nos recortes histórico-científicos em questão. Robert Mayer (na primeira narrativa), Joseph Priestley (na segunda), Luigi Galvani e Alessandro Volta (na terceira) foram os atores escolhidos como eixo principal de cada conteúdo a ser trabalhado. Isto nos trouxe algumas consequências, principalmente na primeira e na segunda NHs nas quais apenas um filósofo natural era apresentado, encontramos um grande número de informações bibliográficas sobre estes *Agentes* (vide Aspectos Literários em seguida). Entretanto, nosso propósito não foi direcionar o estudo à vida e aos aspectos pessoais de cientistas específicos. Selecionamos informações bibliográficas que estivessem associadas à construção e ao desenvolvimento de suas *ideias, teorias* e *experimentações*, isto é, que partes da vida destes cientistas influenciaram ou foram influenciadas pelas suas produções científicas. Em outras palavras, escolhemos aspectos pessoais que poderiam contribuir em ilustrar certos aspectos da NdC (MCCOMAS, 2008, 1998) que queríamos destacar para alimentar as discussões com os alunos. Esta é uma questão para futuros debates, diante da dificuldade de avaliar quais informações são efetivamente necessárias e servem de exemplos históricos para tais aspectos.

Um ponto em comum entre os três episódios históricos que alimentaram a construção das NHs, que os autores optaram por explorar na escrita dos textos, foi a presença de situações ou épocas dramáticas na vida dos principais personagens. Robert Mayer ficou mais de dois anos internado em um sanatório pelo seu estado emocional frágil (VALENTE, 1999; MARTINS, 1984), Joseph Priestley teve sua casa queimada por ter ideais em concordância com o movimento Iluminista e, na época dos debates entre os Galvani (Luigi e seu sobrinho Aldini) e Alessandro Volta, eram realizados experimentos envolvendo descargas elétricas e a contorção dos músculos aplicados em cadáveres humanos (BERNARDI, 2001; GEDDES e HOFF, 1971). Os autores decidiram por utilizar estes acontecimentos e situações para alimentar o grau de dramatização das narrativas, sendo que as três se passam principalmente nestes momentos da vida destes personagens.

Uma consequência, não somente do número de informações bibliográficas, mas também deste modo como as NHsforam escritas, está no possível excesso de romantização do episódio histórico e de seus participantes.

HADZIGEORGIOU et al. (2011) apontam que a ideia de uma compreensão romântica da ciência, por mais que possa parecer absurda em um ensino de ciências voltado ao estudo de conceitos, pode ser incentivada a certo ponto, visto que a própria construção do conhecimento científico apresenta um caráter criativo, humano e estético. Seria possível incentivá-la, principalmente, no ensino de ciências entre o começo do Ensino Fundamental até o Ensino Médio, período no qual, de acordo com EGAN (1997, apud. KLASSEN, 2011), a criança está progressivamente desenvolvendo estratégias cognitivas mais sofisticadas, mas ainda apresenta uma compreensão de mundo mítica, cujas principais características são: a ênfase à fantasia, o reconhecimento de mistério, as imagens mentais e humor.

HADZIGEORGIOU et al. (2011) citam WHITEHEAD (1929) que identifica três estágios na aprendizagem: romance, precisão e generalização. Desta forma, todo conteúdo deve, primeiro, ser abordado de forma romântica, antes de ser estudado com maior profundidade e ter seus resultados generalizados. Esse primeiro estágio deve ser entendido como a etapa na qual o aprendiz adquire algum ímpeto para aprender ciência. WHITEHEAD (1929) identifica o valor desta motivação para a compreensão do conteúdo estudado, além de outros pesquisadores defenderem seu valor no aprendizado (FRANKEN 2001, ORMROD 1999, PINTRICH e SCHUNK, 1996 apud. HADZIGEORGIOU et al., 2011).Também encontramos no trabalho de HADZIGEORGIOU et al. (2011) um exemplo de utilização de uma NH, construída e aplicada de modo semelhante ao encontrado em KLASSEN (2009a), trabalho no qual nos inspiramos. Os autores, neste trabalho, apresentam e avaliam um projeto pedagógico específico, em torno à produção científica e tecnológica de Nicola Tesla. Vale apontar que os autores levantaram dados que reforçaram a ideia de um maior engajamento dos estudantes com o estudo de ciências, além de uma melhor compreensão do conteúdo científico a partir da utilização da NHno início de suas atividades com o novo conteúdo. Os autores identificam nesta narrativa certas características “românticas”, como eles as definem que auxiliam o trabalho em sala de aula:

1 – Humanização do significado: O potencial de apresentar o conhecimento científico através das emoções humanas. Essa característica da narrativa permite o estudante reconhecer o contexto humano no qual o conteúdo e conhecimento científicos que se apresentam a ele foram construídos. EGAN (1997, apud HADZIGEORGIOU et al., 2011) fortalece essa defesa ao argumentar que como todo o conhecimento é, na verdade, conhecimento humano, ele não pode ser isolado dos medos, ambições, esperanças e lutas pelos quais os responsáveis pela sua construção passaram.

2 – Associação com elementos e qualidades heroicas: Na passagem para uma visão mais realista do mundo, muitos estudantes encontram-se ameaçados diante de novas preocupações, como o sucesso na escola e na vida, o novo convívio social e questões de

aceitação, inclusive com o sexo oposto (EGAN, 1997, apud HADZIGEORGIOU et al., 2011). De acordo com estes autores, este sentimento de insegurança pode ser combatido “ao transcendermos a realidade, isto é, ao associarmos ou identificarmos importantes qualidades humanas ou valores em indivíduos notáveis”. Assim, os personagens de uma narrativa podem apresentar características heroicas que estimulam e inspiram os estudantes, que podem enxergá-los como modelos a serem seguidos, diante de atributos como coragem ou criatividade.

3 – Os extremos da realidade e experiência humanas: Os limites da nossa realidade podem parecer infinitos para alguns, inclusive no que diz respeito a capacidades humanas. Isto pode vir a gerar um sentimento de insegurança em um jovem que se encontra preocupado com a escala e os limites da conquista humana, buscando reconhecer o que é possível e o que é impossível dele alcançar (EGAN, 1997, apud HADZIGEORGIOU et al., 2011). Em uma narrativa podemos estabelecer ou apresentar limites em um cenário de construção e conquistas científicas, colocando nossos personagens nestes limites e mostrando aos alunos possíveis caminhos que eles também podem conquistar.

4 – Um sentimento de admiração: Concordamos com MILLAR e OSBORNE (1998) quando os autores afirmam que a “ciência escolar falha ao desenvolver e sustentar um sentimento de admiração e curiosidade nos jovens sobre o mundo natural”. Este sentimento é constituído por “uma mistura de espanto, curiosidade, admiração e pela consciência que o conhecimento de um só é limitado ou errôneo ou que um fenômeno extraordinário existe” (HADZIGEORGIOU et al., 2011). Esta admiração é uma ferramenta cognitiva essencial por encorajar o envolvimento com o tema a ser estudado.

5 – A contestação de ideias convencionais e qualquer tipo de convenção: É comum a estudantes o questionamento de sua realidade e dos elementos da sociedade onde vive. Isto reflete no questionamento do que ele deve aprender em seu tempo escolar, ensinado por uma figura a qual ele também questiona. Esta característica em uma narrativa pode vir a se tornar uma ferramenta útil ao mostrar ao aluno que a construção do conhecimento científico é, muitas vezes, o resultado de uma luta humana contra ideias convencionais.

Apesar dessas considerações, precisamos considerar na construção e aplicação das narrativas o que apresenta ALLCHIN (2004). Para esse autor, uma das possíveis consequências de uma excessiva romantização em um texto histórico é dar uma demasiada ênfase à contribuição de apenas um indivíduo, disfarçar motivações não tão nobres assim e esconder efeitos pessoais e culturais na produção daquele conhecimento científico. O autor não discute esta condição em NHs, mas sim em textos sobre história da ciência. As narrativas apresentadas nesse trabalho possuem um caráter pedagógico específico. Como já destacado,

o principal objetivo dessas narrativas é suscitar dúvidas e despertar curiosidade nos alunos a respeito do tema a ser discutido em sala de aula, dessa forma, as narrativas contem aspectos literários para desenvolver sentimentos e expectativas no leitor. Nesse caso específico, a romantização em certos pontos pode ser benéfica. Na proposta pedagógica aqui discutida, torna-se papel do professor estar consciente deste possível resultado das narrativas e planejar as etapas seguintes à narrativa de modo a trabalhar as questões levantadas por ALLCHIN (2004) e buscar desenvolver nos estudantes uma visão mais coerente com os aspectos da NdC presentes em cada NH.

Com essas considerações em mente, analisaremos a construção de cada narrativa, apontando quais das características anteriormente destacadas podem ser identificadas e os motivos dos autores ao inserirem estas nos textos.

Aspectos da natureza da ciência

Apesar de não haver uma completa concordância entre especialistas sobre uma definição exata da NdC, existe certo consenso sobre que questões relacionadas à produção científica são relevantes ao ensino de ciências (MCCOMAS, 1998). METZ et al. (2007) apresenta uma vasta literatura que defende o potencial do uso de textos narrativos, a partir de uma abordagem histórico-filosófica, em se trabalhar conteúdos científicos de uma maneira mais humanística e autêntica. A partir dos objetivos desta proposta, cada NH foi construída para se tornar uma ferramenta que sirva de auxílio ao professor para introduzir discussões de HFC em sala de aula, que possibilitem trazer aos alunos reflexões sobre o processo de construção da ciência.

Nos trabalhos de MCCOMAS (2008 e 1998) e OSBORNE et al. (2001) encontramos levantamentos de quais aspectos da NdC, que estão de concordância com a opinião de especialistas, e que podem ser trabalhados em sala de aula, com o propósito de suscitar discussões em torno ao processo de construção do conhecimento científico. Assim, inspirados por estes trabalhos, nos perguntamos: *Quais* aspectos da NdC poderiam ser representados por cada recorte histórico dos temas selecionados? *Como* estes aspectos deveriam ser apresentados nas NHs?

Não acreditamos que seja possível e nem desejável buscarmos trabalhar todos os aspectos levantados nestes trabalhos apenas com uma narrativa, já que nenhum episódio histórico escolhido neste projeto apresenta tamanha riqueza de características que possam representar todos estes aspectos. Além disso, cada aspecto a ser trabalhado demanda certa atenção e estudo por parte do professor e de seus estudantes (STINNER et al., 2003; LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK, 2000).

Reconhecemos em cada conteúdo histórico levantado para a construção das NHscerto número de características que poderiam servir como exemplos de aspectos da NdC para serem discutidos com as turmas. Na construção dos textos buscamos dar ênfase a estas diferentes características. Algumas delas estiveram presentes em mais de uma NH com o objetivo de fazer com que um mesmo aspecto da NdC seja ilustrado e trazido às discussões mais de uma vez (ALLCHIN, 2003).

Adiante encontramos, na descrição da construção de cada narrativa, quais aspectos objetivamos que cada uma apresentasse aos estudantes. Mas, é importante destacarmos que é provável uma pluralidade de interpretações, por parte dos alunos, de certos aspectos da NdC, além da identificação de certos aspectos não planejados pelo professor. Cabe aos autores das NHs uma análise detalhada do texto de modo a eliminar trechos que tragam estes aspectos, caso sejam indesejados. Entretanto, reconhecemos a dificuldade desta análise, de forma que é importante que o professor reconheça este possível resultado na leitura das NHs, planejando as próximas atividades, consciente do seu papel como mediador nas discussões para a construção de uma visão da NdC mais coerente.

Acreditamos que o maior desafio não esteja em quais aspectos estarão presentes em cada narrativa, mas em como eles devem ser apresentados no texto. Será através de uma articulação entre o aspecto da NdC em questão e os fatos históricos que o representam, além das ferramentas literárias, que uma visão da NdC será apresentada aos estudantes. Diante da dificuldade, já comentada acima, de se avaliar a qualidade pedagógica da narrativa no seu formato final, os autores dependeram das informações históricas levantadas e da própria criatividade para realizar esta articulação e apresentar cada aspecto da NdC de forma coerente com o aceito por especialistas.

METZ et al. (2007) nos aponta que é importante reconhecermos uma tensão natural na construção de NHs para o ensino de ciências. Esta tensão aparece entre apresentar todos os detalhes do desenvolvimento histórico de ideias científicas e o esforço de ilustrar a NdC e de cientistas, sem transformar os percursos tomados pela ciência em uma pura história destes percursos. ALLCHIN (2003) complementa apontando que a história pode ser demasiadamente ressaltada pelo uso excessivo de técnicas literárias que, inocentemente, buscam construir uma história mais interessante e memorável aos estudantes. Para evitarmos esta ênfase demasiada nos fatos históricos, é importante que haja equilíbrio entre os três aspectos considerados destacados neste capítulo, mas também que o planejamento das atividades inspiradas pelas NHs não se traduza em uma aula de História.

Devemos destacar outro ponto importante no planejamento destas atividades. Cada NH tem como objetivo trazer certas características da produção científica às discussões em sala.

Mas, no texto elas se encontram apenas ilustradas por exemplos históricos. Esperamos que o professor realize o planejamento das atividades posteriores, como as discussões, de forma a apresentar estes aspectos da NdC de forma explícita (LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK, 2000).

Em LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK (2000) encontramos uma análise de diferentes cursos sobre História da Ciência a nível universitário que apresentavam aspectos da NdC de modo implícito (dois cursos) e explícito (um curso). Isto é, nos primeiros, os professores acreditavam que bastava analisar os conteúdos históricos selecionados por si só para que os alunos formassem uma visão mais coerente da NdC. No segundo curso o professor trabalhou com um importante episódio científico (a construção da teoria da *Seleção Natural*), mas realizou uma análise de diferentes recortes deste episódio, deixando explícito aos alunos quais aspectos da NdC cada uma representava. Os melhores resultados em relação à construção de visões mais coerentes sobre NdC dos participantes dos cursos, levantados pela análise realizada pelos autores, foram originados do curso que trabalhava de forma explícita. Isto nos motivou a incluir esta consideração no planejamento das atividades inspiradas pelas NHs, como será descrito no Capítulo VII – *Análise dos Resultados*.

Aspecto literário

Com o conteúdo histórico levantado, os aspectos da NdC definidos para cada narrativa e com os objetivos pedagógicos das narrativas esclarecidos, foi necessária somente uma esquematização literária para que cada processo de escrita iniciasse. Como as narrativas tinham um perfil de leitor bem definido, estudantes do 9° ano do Ensino Fundamental, a primeira condição seria adequar a linguagem do texto a esta faixa etária (METZ et al, 2007; ALLCHIN, 2004). Como veremos adiante, é importante que o leitor sinta vontade de querer saber o que irá acontecer e que se engaje na leitura dos textos. Logo, evitamos um linguajar muito rebuscado mesmo ao trabalhar com recortes históricos e conteúdos científicos muitas vezes complexos. Isto não quer dizer que a escrita necessariamente perde em qualidade gramatical, mas que ajustamos o como certas informações seriam transcritas para que os textos não gerassem mais dúvidas gramaticais do que científicas e que os estudantes se sentissem familiarizados com a linguagem utilizada na narração.

Um professor de ciências com pouca experiência em escrever textos literários para serem utilizados em aula pode se ver tentado a utilizar somente de sua criatividade para a construção de suas narrativas. Entretanto, é desejado, senão necessário, um modelo teórico que sirva de orientação para a construção deste tipo de texto. De acordo com NORRIS et al. (2005), na falta de certos elementos narrativos, é provável que o estudante aprendiz não interprete a narrativa como uma explicação plausível. Consequentemente, de acordo com os

autores, o aprendiz não irá “assimilar os efeitos positivos de uma aprendizagem ‘memorável’ e de uma compreensão geralmente relacionada às narrativas”.

Diante destas dificuldades inerentes ao processo, buscamos na literatura acessível fundamentos teóricos e metodológicos para a escrita de textos literários narrativos e voltados ao ensino de ciências. Encontramos nos trabalhos de KLASSEN (2009a), METZ et al. (2007), NORRIS et al. (2005) e KUBLI (2001) suporte teórico para escrever as NHs.

A partir dos trabalhos de NORRIS et al. (2005), KUBLI (2001) e KLASSEN (2009a) levantamos dez aspectos literários que consideramos importantes ou desejáveis para a escrita dos textos:

(1) Eventos-marco

Por mais que encontremos discordâncias entre autores sobre como definimos exatamente uma narrativa (NORRIS, 2005), há um consenso de que em um texto narrativo ‘algo acontece’, isto é, há uma sequência de eventos interligados cronologicamente. Além disso, uma ligação importante é a influência de cada evento no seguinte, gerando uma *mudança de estado* (TOOLAN, 1988, apud. NORRIS, 2005) em alguém ou algo. Em cada narrativa iremos identificar *Eventos-marco* que serão importantes no desenvolvimento da *Estrutura*.

(2) O Narrador

Para SCHOLES e KELLOG (1966, apud. NORRIS et al. 2005) uma narrativa precisa somente de um narrador e uma história. Uma narrativa é um texto onde um agente relata uma narrativa. Se não houver um narrador, não haverá história. É ele que reúne uma sequência de eventos e os transforma em uma história com significado. O modo como o narrador escolhe contar a história afeta intensamente a qualidade narrativa desta história (NORRIS et al., 2005).

O narrador pode ser um participante da história ou um observador externo que irá determinar o sentido e o propósito da história, selecionando que eventos irá relatar (KLASSEN, 2009a). Cada narrativa contará com um narrador escolhido de modo a intensificar a qualidade literária do texto.

(3) Apetite Narrativo

Uma narrativa não deve se limitar aos conteúdos nela presentes, mas deve apresentar, em sua estrutura, trechos que chamem a atenção do leitor e que alimente nele uma vontade de querer saber o que irá acontecer em seguida (NORRIS et al., 2005; KLASSEN, 2009a; METZ et al., 2007).

Caberá ao modo como a narrativa foi escrita a cativação do leitor, cuja atenção deve ser sempre conquistada com a criação de expectativas, suspense, instabilidade em eventos e em agentes e reviravoltas. Encontramos nos três recortes históricos, que alimentaram a construção das NHs*,* períodos ou situações dramáticas que alguns *Agentes* viveram. Decidimos, então, escrever cada NH situada nestes cenários, visando a construção de um texto cativante que criasse nos leitores emoções e uma vontade de querer saber o que irá acontecer com estes *Agentes.* Cada cenário será descrito na análise de cada NH*.*

(4) Tempo passado

Os autores, através dos narradores, determinam a ordem cronológica na qual os eventos escolhidos devem ser apresentados ao leitor. A utilização de tempos no passado objetiva tornar a história mais dinâmica e interessante, possibilitando ao *Narrador* uma liberdade cronológica, uma maior facilidade na criação da tensão e no suspense do texto.

Além disso, houve a necessidade de apresentarmos informações históricas anteriores à época na qual a NH se passa, utilizando ferramentas como o *flashback*. No caso em particular da primeira narrativa, que se passa em um período específico da vida de Robert Mayer, utilizamos o *Narrador* como ferramenta para trazer informações sobre o futuro deste cientista. Através da atribuição ao *Narrador* de um “dom” de prever o futuro, é apresentada ao leitor uma previsão do que irá acontecer com Mayer. Se o *Narrador* conseguiu prever de verdade, os alunos irão descobrir somente na aula seguinte.

(5) Estrutura

Os *Eventos-marco* devem ser conectados de acordo com alguma lógica que irá ditar a *Estrutura* da narrativa. NORRIS et al. (2005) apresenta definições para a estrutura básica de uma narrativa, mas todas tem em comum a existência de uma situação inicial, seguida de uma sequência de eventos que irá mudar ou reverter esta situação, terminando em um resultado somente possível por esta mudança.

KLASSEN (2009a) aponta para uma característica mais minuciosa da *Estrutura*. De acordo com o autor, podemos vê-la em termos de mudança de estado ou de situação, para eventos ou histórias menores, que compõem a narrativa. Estas também estão interligadas e geram uma mudança de estado na seguinte, dando uma sensação de fluidez na leitura.

(6) Agentes

Todo e qualquer personagem que gere ou sofra alguma mudança de estado, participando ativa ou passivamente da narrativa é considerado um *Agente* desta narrativa. Se optarmos por *Agentes* humanos na narrativa, o que não é estritamente necessário, devemos

estar conscientes da importância da fidelidade historiográfica das informações que compõe as NHs. As decisões tomadas pelos *Agentes* estarão representando decisões tomadas por pessoas ou cientistas reais, podendo representar, então, aspectos da NdC. Desta forma, podemos reconhecer nas NHs o potencial de apresentar uma figura do cientista mais humana e autêntica (MATTHEWS, 1994; METZ et al., 2007).

Diante da importância de apresentarmos aspectos da NdC que envolvam a atuação dos responsáveis pela construção do conhecimento científico e fatores internos ou externos que os influenciam neste empreendimento, escolhemos, para as três narrativas, *Agentes* humanos.

(7) Propósito

Todo texto literário apresenta algum *Propósito* e não necessariamente precisa ser o de entreter (NORRIS et al., 2005). Alguns autores defendem que, numa visão geral, uma narrativa serve para que possamos "compreender melhor o mundo e as pessoas que nos cercam" (COLES, 1989 apud. NORRIS, 2005, p. 543). Histórias normalmente têm uma 'moral' envolvida ou algum sentido a ser reconhecido (KLASSEN, 2009a). Nas três narrativas construídas, encontramos múltiplos sentidos, muitas vezes representados pelos aspectos da NdC com os quais queremos trabalhar.

Este é um dos propósitos presentes em nossos textos, mas é preciso destacar outro e mais primordial propósito que influenciou na construção das três narrativas deste trabalho: nosso objetivo pedagógico envolveu levantamento e registro de questões pelos estudantes em resposta à leitura do texto, relacionadas a qualquer aspecto presente na história. Isto ditou, não somente os aspectos literários explicados acima, mas principalmente os próximos dois.

(8) O Papel do Leitor

Em um texto narrativo não é somente o narrador que interpreta e constrói sentido ao que ele irá relatar, pois o leitor do texto apresenta um papel ativo na interpretação que não se limita a uma decodificação do texto (NORRIS et al., 2005). NORRIS et al. (2005) nos lembra que o leitor passará por inúmeros processos interpretativos em sua leitura, por isso destacamos que o *Apetite Narrativo* ganha nova importância, pois ele deve continuar com vontade de querer saber o que irá acontecer em seguida, se engajar na história e desenvolver certa empatia com a narrativa (KLASSEN, 2009a).

O texto narrativo deve ser escrito de forma que o leitor *reconheça* que tipo de texto ele está tentando decifrar (BAKHTIN e MEDVEDEV, 1991 apud. NORRIS et al., 2005). O reconhecimento do gênero literário ajuda o leitor a antecipar e interpretar o texto, na construção de uma perspectiva dos eventos e no foco dado ao que parece ser relevante e significativo dentre as informações contidas no texto (TOOLAN, 1988 apud. NORRIS et al., 2005).

Vale destacar que neste trabalho o leitor tem um papel ainda mais ativo ao ter que levantar e registrar questões que lhe venham à cabeça enquanto lê o texto. Isto é informado aos estudantes antes da leitura, o que atribui este papel a eles. Já que sugerimos que os textos construídos neste trabalho sejam utilizados com alunos do 9° ano do Ensino Fundamental, a escrita das nossas narrativas foi pensada de forma a buscar um equilíbrio entre o recorte histórico, o conteúdo científico apresentado e o tamanho do texto, para que os alunos possam se manter interessados enquanto levantam suas dúvidas.

(9) O Efeito do não-contado

Um texto que conte e explique tudo, dificilmente irá instigar a curiosidade de um leitor. Concordamos com KUBLI (2001, p. 596) ao afirmar que “uma história sem lacunas a serem preenchidas ou mesmo segredos a serem adivinhados dificilmente irá estimular a curiosidade”. Este autor chega a defender que uma história com uma abordagem pedantemente explícita em um assunto ignora as faculdades intelectuais dos ouvintes e pode chegar a se tornar um tipo de insulto. Este tipo de história, chamada de didática difere de como a vida é e pode servir como obstáculo à atenção dos leitores.

Além disso, é parte da proposta pedagógica o levantamento de dúvidas em formas de questão, de forma que esperamos encontrar nas lacunas deixadas no texto a origem da maior parte das dúvidas dos estudantes. Todas as narrativas podem ser construídas pensando em quais lacunas serão deixadas no texto, o que pode se tornar uma ferramenta para o professor estimar que tipos de questões serão levantadas e facilitar seu planejamento posterior.

(10) Ironia

Outro elemento levantado por KUBLI (2001) e apontado por KLASSEN (2009a), mesmo que não seja essencial a uma narrativa, é o tom de *Ironia* presente no texto. Muitas vezes o leitor constrói em seu imaginário possíveis finais para a história que está lendo. Mas muitas histórias acabam terminando de uma forma diferente do imaginado, contradizendo as expectativas do leitor.

Dentre as três NHs, a única na qual utilizamos este aspecto foi em *As forças de Mayer*. Enquanto o leitor espera que a vida do médico melhore após a saída do sanatório, ele descobre que Mayer nunca mais foi o mesmo e que sua produção acadêmica praticamente acaba diante do seu frágil estado emocional.

V.1 1ª Narrativa Histórica: *As forças de Mayer*

Aspectos históricos (As *forças* de Mayer)

Todas as informações históricas obtidas para a construção desta narrativa são originadas dos trabalhos de COELHO (2009), VALENTE (1999), SMITH (1998), CANEVA (1997), MARTINS (1984), KUHN (1981) e MAYER (1851). O texto da narrativa a ser discutida encontra-se na íntegra no Apêndice I.

Julius Robert Mayer nasceu no dia 25 de novembro de 1814 em uma cidade ao sul da Alemanha, chamada Heilbronn. No início do século XIX esta era uma cidade calma e rural, mas, (principalmente) na segunda metade deste século sofreu um grande processo de industrialização com a vinda de máquinas a vapor para as indústrias e com a irrupção de ferrovias pelos seus campos bucólicos (VALENTE, 1999). Deste modo, podemos dizer que Mayer viveu até a sua juventude em uma cidade tranquila e que, posteriormente, assistiu à sua intensa industrialização.

Seu pai e seu irmão eram farmacêuticos muito interessados em química, botânica e em experiências científicas em geral. Em sua casa encontravam-se "muitos aparatos e experimentos em física e química, além de coleções de botânica e mineralogia, plantas medicinais, e muitos livros, especialmente relatos de viagens" (CANEVA, 1997, 1993 apud. VALENTE, 1999, p. 192). Mayer irá desenvolver o gosto pelas experiências com o auxílio do seu irmão, inclusive ganhando reconhecimento dos amigos ao realizar habilidosamente experimentos com bombas de ar e aparelhos eletrônicos. Assim ele começaria a desenvolver suas ideias em física, química e biologia (VALENTE, 1999).

Além dos experimentos, um grande prazer que o próprio Mayer relata em um texto autobiográfico era o seu interesse na construção e funcionamento de rodas d'água que observava em sua cidade natal (CANEVA, 1993 apud. VALENTE, 1999). Neste escrito encontramos um relato, em terceira pessoa, de um episódio importante de sua infância: aos dez anos ele brincava com pequenas rodas d'água em um córrego, conectando nela engrenagens, cuja rotação moveria pequenos objetos. Observando o aumento da velocidade com a colocação de pequenas engrenagens, em detrimento da "força" (o que chamamos hoje de tração), e o efeito contrário ao adicionar uma engrenagem grande, Mayer afirma que imaginou pela primeira vez a possibilidade da construção de um moto-contínuo. A falha em conseguir consolidar este 'projeto' não abateu o jovem Mayer, mas ele próprio afirma que o ajudou a florescer uma revelação: nenhum trabalho mecânico pode ser criado do nada (CANEVA, 1993 apud. VALENTE, 1999).

Em sua juventude Mayer ingressou na Universidade de Tübingen, influenciado pelo seu pai e irmão, em um curso de medicina muito orientado para sua pratica. Após a conclusão do seu curso, Mayer se sente impelido a viajar para regiões do mundo pelas quais ele era apaixonado. Com este 'livre espírito' (VALENTE, 1999), ele vai a Paris e embarca, em 1838, como médico de um navio em uma viagem para colônias holandesas em regiões próximas ao Leste da Índia (MARTINS, 1984). Ao realizar sangrias em marinheiros no início da viagem (ainda em regiões frias) e novamente nas colônias (já em climas tropicais), Mayer observa um fenômeno curioso: a tonalidade mais escura do sangue venoso retirado de pessoas que estejam em climas muito frios.

Este fenômeno já era conhecido e associado às quantidades de oxigênio e gás carbônico no sangue. Entretanto, Mayer irá relacioná-lo a trabalhos de Antoine Lavoisier sobre a respiração animal (sobre a combustão que, supostamente, ocorreria entre o sangue e os músculos de animais) para chegar a uma explicação. Podemos encontrar essa explicação em seu artigo de 1851: "para que um humano possa manter sua temperatura corporal, o desenvolvimento de calor em seu interior deve manter uma relação quantitativa com o calor que ele perde – que está relacionado à temperatura ambiente; e, logo, tanto a produção de calor, quanto o processo de oxidação, da mesma forma que a diferença de cor entre dois tipos de sangue, devem ser, no total, menores em zonas tórridas do que em zonas frias." (MAYER, 1851, p. 498-499). Em seguida Mayer expande suas conclusões: "a não ser que se queira atribuir novamente ao organismo a capacidade de criar calor, o que lhe tinha sido negado, não pode ser assumido que o calor que ele produz possa ser em quantidade superior a ação química que tem lugar" e "o calor produzido mecanicamente pelo organismo deve manter uma relação quantitativa invariável com o trabalho dispendido em sua produção" (p. 500). Reconhecemos nos três trechos selecionados a ideia de uma relação quantitativa e conservativa entre os diferentes processos orgânicos, além da afirmação, ainda não fundamentada, da impossibilidade de se criar calor (e trabalho mecânico corporal) do nada.

Mayer reconhece que ainda não se sabe se o processo de combustão para a produção de calor no corpo tem apenas como função a manutenção de sua temperatura, afirmando que isto há de ser calculado (VALENTE, 1999). Mas esta viagem apresenta grande importância na construção do seu conceito de *força*[1], não somente por ele ter relacionado suas análises científicas medicinais a outros fenômenos da natureza, mas por trazer os primeiros indícios de um caráter central deste conceito: a sua conservação em qualquer transformação ocorrida na natureza, inclusive em sistemas orgânicos.

Voltemos a dois importantes artigos, anteriores ao de 1851 (onde ele descreve os resultados acima): o de 1842 e 1845. No primeiro, Mayer busca dar uma nova definição

[1]Destacamos que o conceito de *força* de Mayer difere do sentido newtoniano. Mayer pretendeu dar um novo significado a este conceito, mantendo o newtoniano (COELHO, 2009;VALENTE, 1999;MARTINS, 1984)

conceitual ao conceito de *força* e representa mais claramente as conexões entre muitos fenômenos que haviam sido feitas até ali (HEIMANN, 1976 apud. VALENTE, 1999, p. 277). Ele apresenta uma definição simples e pouco justificada do novo conceito: “forças são causas” e, como uma causa equivale ao seu efeito, apresenta nesta afirmativa a noção de indestrutibilidade das *forças* (COELHO, 2009). Neste artigo Mayer coloca três forças em evidência: a de movimento, a gravídica (posteriormente Força de Queda) e o calor. Usa alguns exemplos de transformações entre estas forças, além de justificativas nada empíricas, o que fez com que fossem questionadas na época, com o objetivo de afirmar a equivalência entre elas (COELHO, 2009; VALENTE, 1999; MARTINS, 1984; KUHN, 1981). Será neste artigo que ele chega ao primeiro cálculo, ainda muito impreciso, de um *coeficiente de equivalência entre o movimento e o calor*. Neste artigo ele apresenta de modo confuso e justifica mal como chegou aos seus resultados. É importante salientar que Mayer não dispunha de um laboratório de experimentos que lhe permitisse chegar à equivalência numérica pretendida, o que o obrigou a recorrer a dados retirados de trabalhos da época para estabelecer esta equivalência, como as experiências de Gay-Lussac com gases (VALENTE, 1999; SMITH, 1998; MARTINS, 1984). Por não explicitar esta utilização, além de causar a rejeição dos seus trabalhos por autoridades científicas alemãs e francesas (SMITH, 1998) os ingleses duvidarão de sua validade, inclusive alimentando a futura disputa com Joule e seus apoiadores (VALENTE, 1999; MARTINS, 1984).

Será no artigo de 1845 que Mayer introduz o seu conceito de *força* de forma mais elaborada: “we call force an entity which brings about motion” (MAYER, 1845, pp. 286). Seu novo conceito de *força* seria algo imaterial presente em todo o universo e que pode assumir diferentes formas através de diferentes fenômenos, mas que não pode ser criado e nem destruído. Em suas palavras: “Força como causa de movimento é uma entidade indestrutível. Nenhum efeito surge sem uma causa. Nenhuma causa desaparece sem um efeito correspondente” (MAYER, 1845, pp.286). De acordo com MARTINS (1984), Mayer estabelece neste momento que se “uma *força* muda de forma, diz-se que sua primeira forma é a causa da segunda forma; e como a quantidade de *força* não varia, Mayer pode aplicar a esses fenômenos o principio da igualdade das causas e dos efeitos”.

É curioso percebermos que Mayer irá buscar na física e não (somente) na fisiologia, os tipos de *força* que compõe o universo. Assim o faz por acreditar na necessidade de providenciar uma fundamentação física geral ao invés de uma fisiológica, diante da hierarquia destes saberes (HEIMANN, 1976 apud. VALENTE, 1999, p. 220). Após estudos sobre diferentes *forças* do universo, em seu artigo de 1845, Mayer apresenta uma espécie de catálogo das *forças* conhecidas na época (uma evolução das três forças do artigo de 1842), e estuda diversos fenômenos de conversão a elas associados; são estas: 1 – Força de Queda; 2 – Movimento, A – Simples, B – Vibracional; 3 – Calor; 4 – Magnetismo e Eletricidade; 5 – Força Química, Separação Química e Combinação Química (Mayer, 1845 p. 242-243). Podemos

facilmente reconhecer a partir dos seus artigos a relação que a *Força de Queda* tem com a nossa *Energia Potencial Gravitacional* atual (COELHO, 2009; VALENTE, 1999).

VALENTE (1999) sintetiza as etapas intelectuais do trabalho de Mayer e a importância do seu pensamento, inclusive do ponto de vista pedagógico:

> *"Mayer começa com um princípio à priori. Mergulha, em seguida, no mundo fenomenológico, natural e artificial, para validar o seu princípio e para chegar a um enunciado mais preciso. Traça desta forma, um círculo entre o mundo do pensamento e o mundo da experiência. Finalmente, Mayer faz entrar este círculo no laboratório e propõe 25 exemplos experimentais para colocar em evidência as metamorfoses das cinco formas da "força". Esta passagem ao laboratório não traduz a necessidade de medida, como poderíamos pensar, ela traduz, essencialmente, a necessidade de tornar as diferentes metamorfoses da "força" muito visíveis".* (p. 237)

> *O pensamento de Mayer revela-se muito rico do ponto de vista pedagógico porque utiliza muito o pensamento qualitativo e utiliza, bem ao jeito do século XIX, muitas analogias (herança dos românticos).* (p. 208)

De acordo com VALENTE (1999, p. 243) "de todas estas *forças* podemos ver como Mayer continua fascinado pelo 'calor'. O item dedicado ao 'calor' (em seu artigo de 1845) é de longe o mais desenvolvido". Este fascínio fica mais bem compreendido tanto pelo momento histórico em que Mayer está vivendo, já que as máquinas térmicas são os principais agentes responsáveis pela Revolução Industrial (KUHN, 1981), mas também pelo interesse dos médicos da época pela origem do "calor" animal, como discutido acima (VALENTE, 1999). Em VALENTE (1999) encontramos reunidos diversos recortes dos artigos publicados por Mayer onde ele busca consolidar suas teorias com inúmeros exemplos de transformações ou conversões entre as *forças*: de calor em movimento em um trem à vapor; de movimento em calor no atrito entre corpos; na 'produção' de *força* elétrica por uma ação mecânica em um eletróforo; entre outros.

Podemos enxergar semelhanças entre seu conceito de *força* e o conceito científico de energia, entretanto, o conceito de Mayer se distingue por apresentar uma importante característica: a sua espiritualidade. De acordo com VALENTE (1999), Mayer pretende em seus trabalhos criar espaço para uma imaginação conceitual que não seja regida pela Mecânica: a Física. Isto aponta para a sua recusa de uma interpretação mecanicista do seu conceito de *força*, o que irá causar rejeição de muitos cientistas da época.

A rejeição de seus trabalhos não veio somente pela espiritualidade do novo conceito, mas também pelo modo poético, quase artístico e pouco científico com que Mayer escrevia seus trabalhos (VALENTE, 1999; SMITH, 1998). Mayer se interessava muito por poesia e

novelas e este gosto por literatura parece ter influenciado a sua escrita, na qual apresentava muitas imagens e analogias, além da sua dramatização de suas próprias vivências. Esta linguagem e sua imaginação o levarão aos inúmeros exemplos e as suas explicações entusiasmadas de transformações entre *forças* na natureza, tanto no âmbito orgânico, quanto no inorgânico. Mas também o faria produzir artigos que não cumpriam diversos critérios por jornais e anais de Física e Química da época: ele não fazia referências a outros escritores, pouco falava das experiências que ajudaram a originar seus pensamentos e sua terminologia sugeria que o seu conhecimento das doutrinas da Mecânica era escasso (SMITH, 1998).

Ainda assim, não podemos reduzir os problemas de reconhecimento de Mayer somente aos dois fatores acima apresentados, já que ele "nunca foi um acadêmico. Manteve sempre a sua atividade de médico [...]. Era considerado um amador, no sentido negativo da palavra. Hoje ainda é encarado, pelos cientistas, com alguma desconfiança: não é mais do que um intuitivo" (VALENTE, 1999, p. 206).

Para a surpresa de Mayer, em 1843 um cientista inglês chamado James Joule estaria desenvolvendo e publicando pesquisas que, em relação ao surgimento de calor em diversos fenômenos, apresentariam objetivos, experimentos e conclusões muito semelhantes aos seus. Joule publica um trabalho em 1843 (um ano após a publicação de Mayer sobre suas *forças*) com um estudo sobre o calor que surge em fenômenos eletromagnéticos, o futuro *efeito-Joule* (SMITH, 1998; MARTINS, 1984). Além disso, calcula uma relação de equivalência entre o aquecimento de uma libra de água a 1°F ao trabalho mecânico capaz de erguer 896 libras à altura de um pé. Neste artigo os resultados ainda foram muito variados, entre 3,2 J/cal e 5,5 J/cal, e não foram considerados provas empíricas da existência de uma relação constante entre trabalho e calor (SMITH, 1998; MARTINS, 1984).

Joule continua realizando medições, buscando quantificar a relação acima descrita. Além dos trabalhos com fenômenos eletromagnéticos, Joule também irá discutir o problema da geração de calor nos animais, como Mayer e Lavoisier, mas pouco. Ele busca uma forma mais ampla e coerente do princípio geral de conservação, mantendo-se no estudo de exemplos específicos (COELHO, 2009; MARTINS, 1984; VALENTE, 1999).

Seus resultados continuam a não suscitar o interesse da comunidade científica até o seu artigo de 1847, onde ele realiza seu famoso experimento da agitação de água através de pás. Aqui ele encontra resultados mais consistentes e os leva para uma apresentação na *British Association for the Advancement of Science* neste mesmo ano (VALENTE, 1999; SMITH, 1998). Ali, em uma breve apresentação, impressiona alguns dos presentes, entre os quais William Thomson (conhecido posteriormente como Lord Kelvin), cujo apoio foi crucial para a aceitação de suas ideias (VALENTE, 1999; SMITH, 1998; MARTINS, 1984).

A publicação de seu artigo na França provoca uma reação imediata. No ano seguinte, Mayer escreve uma carta à Academia Francesa, questionando de forma indignada a rejeição

da publicação de seu artigo ali apresentado. Ele questionava sua rejeição diante da presença de juízes semelhantes em ambos os comitês que avaliavam as publicações enviadas, como o físico Claude *Pouillet (VALENTE, 1999; SMITH, 1998).*

Daqui segue-se a disputa entre os dois, diante de cartas publicadas, sobre a prioridade na descoberta das transformações mútuas de poder mecânico em calor e em calcular o equivalentemecânico do calor. Joule chega a ceder a prioridade de Mayer em respeito à ideia do equivalentemecânico do calor, mas defende que ele a determinou experimentalmente (SMITH, 1998).

A briga tomaria diversos rumos e cada um contaria com o apoio de outros cientistas, prevalecendo o maior número e os de maior importância na academia com Joule, como William Thomson (VALENTE, 1999; MARTINS, 1984). Joule e seus apoiadores não somente defenderiam seu trabalho, mas também atacariam os artigos de Mayer, em alguns momentos acusando-o de mentiroso sobre certas referências que este utiliza, como as experiências com gases de Gay-Lussac.

Durante esse período de disputa, Mayer perde dois de seus filhos em intervalos próximos, o que o deixa em um momento emocionalmente carregado, culminando em 1850 na sua tentativa de suicídio, ao pular da janela do quarto onde dormia e cair nove metros.

Após a saída do sanatório em 1853, Mayer se encontra abalado e distante do mundo, praticamente abandonando seu trabalho científico, inclusive considerado por alguns autores já como falecido (MARTINS, 1984). Mayer irá falecer no dia 20 de março de 1878 com sua saúde já debilitada. Joule, por outro lado, contando com o apoio de William Thomson, expande seus estudos sobre o calor, na busca de derrubar a ideia de um fluido calórico, pensando neste como uma atividade mecânica (VALENTE, 1999). Hoje seu nome é reconhecido como um dos principais responsáveis pela construção do conceito de energia, projetando uma sombra sobre o nome de Julius Robert von Mayer.

Aspectos da Natureza da Ciência (As *forças* de Mayer)

Concordamos com autores como VALENTE (1999), MARTINS (1984) e KUHN (1981) que este episódio da história da ciência, no qual Mayer é um dos agentes centrais, é de importância vital para o desenvolvimento do conceito de energia. Além disso, diante de suas características, como a influência da criatividade e de componentes subjetivos no pensamento de Mayer e sua disputa com Joule pela originalidade de seus trabalhos, este episódio apresenta grande potencial de trazer, para o ensino de ciências, diversos e valiosos aspectos de como o conhecimento científico é construído.

Reconhecemos no episódio de Mayer quatro aspectos bem ilustrados para serem trabalhados no projeto. Analisaremos cada um em paralelo com as informações históricas apresentadas acima:

1. *Ciência depende de evidências empíricas*

Os primeiros trabalhos de Mayer foram rejeitados por diversos fatores, dentre eles a visão dos avaliadores de que Mayer desenvolveu sua ideia de *força* a partir do seu imaginário, com pouquíssimas evidências empíricas, inclusive baseando-se em trabalhos (como o de Gay-Lussac) aos quais não fazia referências. Além disso, apresentava muitos exemplos de transformações entre tipos diferentes de *forças*, mas sem tê-los realizado, fazendo com que seus trabalhos parecessem muito especulativos.

Seu primeiro cálculo do coeficiente de conversão entre movimento e calor foi apresentado no artigo de 1842 de modo confuso e pouco justificado, além de apontar apenas um resultado final, perdendo, assim, crédito frente aos avaliadores. Vale lembrar a falta de recursos materiais e de um laboratório propício à retirada de medidas mais precisas, recursos que James Joule irá ter disponível.

Por outro lado, Joule realizou diversos experimentos e tomadas de dados, iniciado com o seu trabalho ainda com eletricidade. Ele irá apresentar em seus artigos diferentes resultados, mas que irão se tornando mais precisos com a maior elaboração dos experimentos, culminando no seu famoso experimento das pás movendo e aquecendo água (COELHO, 2009; VALENTE, 1999; SMITH, 1998; MARTINS, 1984). É interessante lembrarmos que Joule, em certo momento, decidiu disputar somente a originalidade em relação ao experimento de conversão (SMITH, 1998), deixando a ideia de transformações entre as *forças* para Mayer, o que aponta para a importância dada pela comunidade científica à experimentação.

Não podemos ignorar os outros aspectos pelos quais os trabalhos de Mayer foram muitas vezes rejeitados. Entretanto, a busca pelo coeficiente de conversão entre movimento e calor, a importância da precisão dos experimentos realizados e da vasta tomada de dados de Joule e a importância dada por este em ser reconhecido como o primeiro a realizar estes experimentos são fortes indícios da força com a qual as evidências empíricas tinham frente à aceitação de trabalhos, logo, de novos estudos científicos.

2. *Ciência utiliza de elementos criativos*

Uma das visões ingênuas sobre a ciência muito comuns em jovens está na existência de um método científico único e infalível. Bastaria que os cientistas tivesse um objeto de estudo e o analisassem perante a lente do “método científico” que as respostas que buscam seriam encontradas. Aqui não haveria espaço para uma construção idiossincrática por estes cientistas, o que eliminaria características como a criatividade e crenças pessoais (aspecto da NdC seguinte).

O caminho percorrido por Mayer na construção do seu conceito de *forças* aponta para o lado oposto. Podemos apontar três recortes de sua história que ilustram a importância da sua criatividade para a sua visão de mundo que contribuirão para seu novo conceito: voltamos à

história, relatada pelo próprio Mayer, de quando era criança e brincava com engrenagens em uma roda d'água em um rio (VALENTE, 1999). Diante da baixa idade e se seu relato é verídico, podemos reconhecera importância da sua imaginação ao se questionar sobre a possibilidade de um moto-contínuo frente às transferências de movimento entre as engrenagens conectadas à roda d'água. A busca por esta máquina ideal aparenta ter sido um fator norteador dos trabalhos de Mayer, direcionando seus estudos que resultarão na identificação do *calor* como uma das principais *forças* do universo, além de ser um resultado inevitável em processos de transformação entre *forças* (VALENTE, 1999). De acordo com VALENTE (1999, p. 196) "Será o calor o elemento chave da cosmologia de um Mayer que foi iniciado no mundo perfeito da mecânica".

Sua criatividade também merece destaque ao analisarmos em seus artigos seus inúmeros exemplos de transformações entre *forças*, mesmo não tendo acesso à experimentação. Podemos dizer que estes exemplos foram resultado da sua imaginação enquanto buscava pelo conhecimento necessário contido no conhecimento científico já acumulado (VALENTE, 1999). Destacamos, inclusive, que Mayer será pioneiro na unificação entre fenômenos orgânicos e inorgânicos em um ponto futuro da sua maturação conceitual, quando passa a analisar a complexidade das *forças* também em seres vivos (VALENTE, 1999).

Encontramos em sua viagem marítima às colônias holandesas outro episódio onde sua criatividade e imaginação foram essenciais. A diferença de coloração entre o sangue venoso retirado de pessoas em climas diferentes já era um fato conhecido na medicina. Trabalhos, como o de Lavoisier, sobre a combustão no sangue humano, cujo objetivo seria gerar calor ao nosso corpo, também estavam sendo debatidos na época. Entretanto, a união destes conhecimentos para o início da formação do seu novo conceito de *força* somente foi possível diante da influência que a sua visão unificada da natureza exercia sobre seu trabalho (VALENTE, 1999). Através desta visão de mundo Mayer começou a unificar componentes do universo, até então desconexos, como movimento e calor.

Se tomarmos emprestada a definição de criatividade do educador britânico Sir Ken Robinson "o processo de construir novas ideias que tenham valor", podemos reconhecer uma grande parcela de responsabilidade da sua criatividade e imaginação, responsáveis pela construção da sua visão de mundo e, consequentemente, da sua produção científica.

3. *Ciência é influenciada por componentes subjetivos*

A imaterialidade e espiritualidade do conceito de *força* ilustram um exemplo deste aspecto da produção científica. Aqui apontamos uma visão de CANEVA (1993, apud. VALENTE, 1999): "as suas [Mayer] reflexões sobre o conceito de "força" nascem num contexto metafisico-medicinal. Este contexto metafísico corresponde à crença fundamental de que na

natureza, ao lado de uma dimensão material, existe uma dimensão não material com um estatuto equivalente".

4. *Aspectos culturais, sociais e políticos influenciam a ciência*

Talvez este e o primeiro aspecto sejam os mais bem ilustrados por esta narrativa. Podemos citar algumas características presentes na história que o ilustram: comecemos pelas mudanças com as quais a cidade de Heilbronn (cidade natal e na qual viveu grande parte de sua vida) sofreu no século XIX. A sua forte industrialização na Revolução Industrial, representada pela vinda de indústrias, maquinários e estradas de ferro pode ter voltado o interesse de Mayer (sempre curioso por artifícios mecânicos) para as máquinas térmicas da época (KUHN, 1981; VALENTE, 1999). De acordo com KUHN (1981), a análise destes processos termodinâmicos será, para Mayer, Joule e outros, um dos três principais fatores para a construção do conceito de energia.

Também podemos identificar na linguagem que Mayer utiliza em seus escritos características culturais da época. Uma característica é a utilização de aforismos, comum à literatura médica da época. Encontramos um exemplo em uma carta de Mayer "*Cessante causa cessat effectus* é um princípio médico bem conhecido" (CANEVA, 1993 apud. VALENTE, 1999, p.208). Na sua linguagem poética, romântica e permeada pelo uso de analogias encontramos uma segunda influência cultural, típica herança dos românticos, presente inclusive em cientistas do séc. XIX como James Maxwell (VALENTE, 1999).

Uma última característica, e talvez a mais marcante, está nas rejeições dos escritos de Mayer pela comunidade científica, pela maior aceitação dos trabalhos de Joule e, consequentemente, na disputa entre os dois pela originalidade da busca do equivalente mecânico do calor. Esta riqueza de exemplos pode auxiliar o professor no trabalho com este aspecto da NdC com seus estudantes. Em seu planejamento das aulas seguintes é possível analisar as inúmeras rejeições de trabalhos escritos por Mayer, a diferença de força política na comunidade científica dos diferentes cientistas que os apoiaram (por exemplo, William Thomson, no caso de Joule e Tyndall, no caso de Mayer) e o resultado desta disputa na saúde mental debilitada de Mayer.

Tendo em vista a sugestão aqui colocada do trabalho com estes quatro aspectos da NdC, voltamos aos perigos apontados por ALLCHIN (2004) por uma excessiva romantização em um texto histórico:

- *Demasiada ênfase à contribuição de apenas um indivíduo*: por mais que a narrativa tenha um enfoque na produção acadêmica de Mayer, um personagem essencial na construção do conceito de energia é seu próprio "rival", Joule. Este, por mais que participe de uma disputa entre a originalidade dos trabalhos, também contribui significativamente para o cálculo do equivalente mecânico do calor, inclusive sendo mais reconhecido hoje do que o primeiro.

Além disso, durante as atividades realizadas após a leitura da NH, o professor deixou claro que até o presente momento o foco do estudo era o novo conceito de *força* de Mayer, e não o conceito de energia atual. Para se chegar a tal conceito ele ainda iriam estudar novos episódios que contariam com a participação de outros atores. . Este foi apenas um episódio que contribui para a construção do conceito de energia.

- *Disfarçar motivações não tão nobres assim*: A motivação de Mayer em sua produção acadêmica não é apresentada na narrativa como algo nobre, mas sim como a busca por evidências que mostrem a importância das suas novas ideias à comunidade científica, fazendo com que aceitem uma nova visão da natureza, inspirada a partir da sua visão de mundo. Na sua disputa com Joule identificamos apenas a busca de reconhecimento da originalidade dos seus trabalhos (hoje defendida por fatos históricos) e, após as inúmeras rejeições, uma tentativa de salvar o trabalho de uma vida.

- *Esconder efeitos pessoais e culturais na produção daquele conhecimento científico*: Pelo contrário, como apresentado acima, esta narrativa possibilita o trabalho com certos aspectos da NdC que podem servir para representar como efeitos pessoais e culturais podem exercer influência na produção de cientistas, como Mayer. Cabe ao professor analisar com seus estudantes e esclarecer esta visão da ciência perante o planejamento das aulas posteriores à NH.

Aspectos literários (As *forças* de Mayer)

Além da falta de experiência com a escrita de textos literários e por esta ter sido a primeira narrativa a ser desenvolvida, encontramos grande dificuldade no seu processo de construção e escrita. Como aponta KLASSEN (2009a): "'Escrever boas histórias' é sempre um processo desafiador, especialmente para os educadores de ciências que não, na maioria, tiveram um treinamento nas áreas humanas e que não, provavelmente, não tiveram a oportunidade de desenvolver habilidades criativas de escrita".

A partir dos trabalhos de NORRIS et al. (2005) e KLASSEN (2009a) começamos a desenvolver a estrutura da narrativa a partir dos dez elementos considerados importantes já explicados acima. Alguns destes elementos receberam maior atenção e importância pelos autores do trabalho atual diante das ideias que surgiram durante a construção do texto, como apresentaremos a seguir:

(1) EVENTOS-MARCO

No caso desta narrativa, na qual participam Robert Mayer, James Joule e o narrador (sem nome) que descreve sua relação com Mayer em um sanatório, temos uma sequência de eventos que se desenvolvem de tal modo: Mayer entra no sanatório após uma tentativa de suicídio → conhece o narrador → ambos conversam sobre diferentes partes do passado de

Mayer → este explica suas teorias ao narrador → ambos avistam um moinho que serve de ilustração às ideias de Mayer → Mayer conta o motivo da sua tentativa de suicídio → Mayer deixa o sanatório após mais de 2 anos → o narrador prevê o futuro das teorias e resultados das pesquisas de Mayer. Notamos que não há uma sequência cronológica temporal, além de o tempo passar rapidamente durante a narração, o que será detalhado em *Estrutura* e *Tempo Passado*.

(2) O NARRADOR

Um das mais importantes elementos desta narrativa, o Narrador foi escolhido de forma a resolver dificuldades e desafios que encontramos ao reunir as ideias no desenvolvimento do texto. Não somente para criar certo mistério em relação à sua figura (*Apetite Narrativo*), mas também para retirar a atenção do leitor dos seus aspectos pessoais (e assim evitar muitas questões levantadas sobre ele), o narrador da história se apresenta sem falar seu nome, afirmando que o esqueceu após tantos anos no sanatório (l. 5-6). Participando de todos os *Eventos-marco*, este pode ser considerado o principal personagem da história, do ponto de vista literário.

O narrador se mostra indignado por estar num sanatório por não acreditarem no seu 'dom' de prever o futuro, e, apesar deste cenário apontá-lo como louco, ele demonstra sanidade em apresentar para o leitor seus relatos do convívio com Mayer e em suas interpretações das ideias deste. Também destacamos que, já que Robert Mayer estava internado por um motivo emocional e não mental, a amizade dos dois sugere que o narrador também não é louco, mas talvez seja apenas excêntrico.

Um ponto que também será discutido em *Tempo passado* é a importância do narrador para a mudança cronológica na apresentação dos eventos. Diante da sua descrição das conversas com o médico e reprodução dos diálogos, ele pretende levar o leitor ao passado e apresentar questões pessoais de Robert Mayer. Além disso, encontramos aqui o principal motivo da construção deste narrador tão peculiar: o seu 'dom' de prever o futuro não somente serve para colocá-lo no sanatório de modo a vir a conhecer Mayer, mas principalmente como artifício para levar o leitor de um tempo em que as pesquisas e teorias deste ainda não estavam completamente desenvolvidas para um no futuro, em que os seus resultados finais, incluindo a conclusão do embate com o inglês James Joule, são relatados.

É interessante apontarmos que, apesar da época na qual se passa a narrativa, o narrador não apresenta uma linguagem de acordo com a escrita da época, nem inglesa, nem brasileira, como uma narrativa historicamente fiel apresentaria. Decidimos recusar este caminho por acreditarmos que uma linguagem moderna seria suficiente para reproduzir de

modo compreensível os pontos importantes do episódio (o que será discutido em *Propósito*), além de se aproximar da linguagem de jovens leitores.

Ao trazer uma visão externa e humana aos relatos de Mayer, o narrador serviu para mais dois propósitos. Primeiro, o seu contato com Mayer no sanatório, um ambiente dramático e enclausurado, busca aproximá-lo (e também Mayer) emocionalmente do leitor (KLASSEN, 2011). Em segundo lugar, o narrador, ao ouvir as ideias e teorias de Mayer, apresenta certas opiniões, dúvidas e reações que podem vir a ser as mesmas que o aluno esteja sentindo, como "estas tais *forças* são muito estranhas" (l. 37). Acreditamos que esta semelhança possa fazer com que este aluno fique mais confortável em levantar questões e expor suas dúvidas sem relação ao conteúdo científico presente na narrativa.

Diante da presença deste personagem icônico foi esperado que algumas das questões levantadas pelos alunos fossem sobre ele. Previmos que alguns alunos se mostrariam interessados em pontos como seus aspectos pessoais, seu nome e seu passado, e no seu 'dom' de prever o futuro. Pelo narrador ter se configurado como uma ferramenta literária e o propósito da narrativa não é levantar questões sobre ele, estratégias foram pensadas para evitar e trabalhar com questões levantadas sobre ele. Estas estratégias serão mais bem discutidas na análise dos resultados.

(3) APETITE LITERÁRIO

As forças de Mayer começam com a apresentação (do narrador ainda desconhecido) de uma ideia comum sobre as figuras históricas de cientistas (l. 1-2). Em seguida o narrador aponta a ingenuidade desta ideia com o trecho "*Como eu estava errado*" (l. 2-3), cujo objetivo é levantar no leitor a dúvida do por que esta visão, que ele provavelmente compartilha, está errada. Neste ponto achamos interessante comentar que este trecho será muito importante para o trabalho com um dos *Aspectos da Natureza da Ciência*, que serão discutidos posteriormente.

Em seguida é apresentada uma destas ilustres figuras se internando em um sanatório por um motivo emocionalmente intenso: uma tentativa de suicídio. A razão pela qual Mayer tentou se suicidar fica em aberto e serve para fomentar uma curiosidade no leitor (respondida no final do texto). Esta razão é intensificada posteriormente pela menção das grandes dificuldades que ele já havia subsistido com estabilidade emocional, vista no trecho "*pois durante sua vida ele havia perdido três filhos e ainda assim mantinha-se de pé*" (l. 22-23).

Acreditamos que o próprio conteúdo científico da narrativa, como o conceito de *força* de Mayer, como algo que "*existe em todo o universo, seja nos moinhos de vento ou nos seres*

vivos. Ela transformar-se-ia a toda hora, de uma forma em outra, mas ainda assim perpetuando de forma geral..." (l. 35-36) atraia a curiosidade de alunos curiosos ou até supersticiosos.

A disputa entre os trabalhos de Mayer e Joule representa uma característica comum da produção científica que é pouco trabalhada em aulas de ciências, apresentada no aspecto da NdC *Aspectos culturais, sociais e políticos influenciam a ciência* (MCCOMAS, 2008). Além disso, este embate entre cientistas pode tornar a leitura mais impactante aos olhos dos alunos, além de gerar uma curiosidade para além da narrativa (discutido em *Efeito do não contado*). No texto ela é apresentada como gatilho para a tentativa de suicídio, configurando o cerne do drama da vida do médico.

(4) TEMPO PASSADO

O texto é narrado de dentro do sanatório durante a relação entre o narrador e Mayer, que dura em torno de dois anos. Mas os relatos do narrador durante este período levam o leitor ao passado (KLASSEN, 2009a), acrescentando eventos importantes da vida do médico. Um salto ao futuro, em relação à época em que a narrativa se passa, foi possível através da previsão do narrador, informando o leitor dos resultados dos trabalhos da vida de Mayer.

De acordo com NORRIS et al. (2005) e KLASSEN (2009a), é importante que estes eventos pareçam únicos e inéditos, tornando a história interessante ao leitor. Acreditamos que este é um ponto forte em *As forças de Mayer*, diante dos sofrimentos na vida deste médico e da sua importante contribuição ao desenvolvimento do conceito de energia.

(5) ESTRUTURA

A *Estrutura* básica desta narrativa foi construída sobre três pontos: Mayer se interna no sanatório → conhece e se relaciona com o narrador → sai do sanatório reabilitado. A partir desta estrutura podemos organizar que *Eventos-marco* serão relatados e como serão.

KLASSEN (2009a) apresenta na descrição da *Estrutura* de uma narrativa, uma sequência de pequenas histórias interligadas, que geram uma mudança de estado nas seguintes. Em *As forças de Mayer* a sequência de pequenas histórias pode ser vista assim:

Mayer entra no sanatório, *então, como resultado,* conhece o narrador, *então, como resultado,* conta seu passado familiar ao narrador, *então, como resultado,* conta sobre sua viagem marítima, *então, como resultado,* explica sua ideia de *força*, *então, como resultado,* os dois avistam um moinho de vento, *então, como resultado,* há um diálogo entre os dois, *então*, *como resultado,* Mayer conta sobre a reação dos seus trabalhos pela comunidade científica, *então, como resultado,* Mayer sai do sanatório, *então, como resultado,* o narrador prevê o futuro de Mayer.

(6) AGENTES

Agentes não são essenciais a qualquer narrativa (NORRIS, 2005), mas ao contar a história de Robert Mayer achamos necessária a existência de agentes humanos. A presença destes agentes humanos na narrativa traz um elemento ético ao texto, pois os personagens representam pessoas que devem tomar decisões e se responsabilizar pelas suas atitudes. O leitor terá um papel ativo na interpretação de cunho moral destas decisões de acordo com sua própria realidade (KLASSEN, 2009a). Nesta narrativa os 'agentes morais' são três: o médico alemão Robert Mayer, o narrador e o cientista inglês James Joule.

Mayer e Joule apresentam uma relação intensa diante da disputa pela prioridade nos estudos sobre a conversão de movimento em calor, inclusive contando com apoio de outros cientistas da época. Aqui encontramos uma situação dramática onde as emoções dos personagens, como o orgulho de ambos os cientistas ou o desalento de Mayer diante da sua rejeição, intensificam uma disputa onde os valores morais dos participantes entram em conflito.

(7) PROPÓSITO

Acreditamos que '*As forças de Mayer'* contenha elementos que possibilitam o aluno a "imaginar e sentir a experiência de outros" (Witherall, 1995 apud. NORRIS, 2005, p. 543), no caso a do médico Robert Mayer, cumprindo com seu papel de narrativa. Poderíamos dizer que o principal propósito literário desta narrativa é o de ilustrarmos as questões políticas e disputas entre cientistas, não somente entre diferentes ideias, mas também pela prioridade e originalidade dos seus trabalhos.

Entretanto, o propósito pedagógico desta narrativa, como desenvolvido anteriormente, é o mesmo das outras duas narrativas, o de levantar questões dos estudantes.

(8) O PAPEL DO LEITOR

O *Papel do Leitor* será idêntico nas três narrativas. Em relação à leitura do texto: reconhecer o gênero literário narrativo, interpretar e construir sentido, desenvolver uma vontade de querer saber o que irá acontecer em seguida, se engajar na história e desenvolver certa empatia. Em relação à proposta pedagógica: levantar dúvidas sobre o texto em forma de questões registradas e recolhidas pelo professor.

(9) O EFEITO DO NÃO CONTADO

Não podemos construir um texto que narre toda a história de Robert Mayer e sua contribuição para a construção do conceito de energia. Aliais, não queremos, pois o elemento *Efeito do não-contado*, apontado por KUBLI (2001) e KLASSEN (2009a), é essencial para o trabalho que buscamos desenvolver. Está exatamente no que *não é contado* a fonte de dúvidas

dos alunos. Diante da posição das NHsneste projeto pedagógico, o *Efeito do não-contado* tornou-se um aspecto importante à escrita, pois as lacunas deixadas poderão ser a maior fonte de dúvidas e curiosidade dos alunos.

Em *As forças de Mayer* apresentamos uma riqueza de teorias e conceitos científicos que provavelmente irão suscitar questões do tipo “O que é/O que significa”, “Qual” e “Porque”. Por outro lado, ao apresentarmos uma história com questões pessoais, sociais, políticas, isto é, ao trabalharmos com aspectos da NdC, também esperamos encontrar perguntas do tipo “Porque” e “Como” (Schwitzgebel, 1999 apud. KLASSEN, 2009a). Todas as questões que foram levantadas pelos alunos neste trabalho serão analisadas em um capítulo seguinte.

(10) IRONIA

A narrativa *As forças de Mayer* foi escrita contendo ironia tanto em algumas falas do narrador (“Como eu estava errado”; l. 2-3) e também em seu próprio desfecho. Construímos o texto assim, tanto por acreditarmos que isto possa vir a acrescentar ao *Apetite Narrativo* da história, ao surpreender o leitor, mas também pela própria história de Robert Mayer ser dramática em certos pontos, como a morte de três filhos e o baixo reconhecimento dos seus principais trabalhos pela comunidade científica.

V.2 2ª Narrativa Histórica: *Priestley e a busca de novos “ares”*

Aspectos históricos (Priestley e a busca de novos “ares”)

As informações históricas obtidas para a construção da segunda NH foram retiradas dos trabalhos de BERG (2011), MARTINS (2009), MATTHEWS (2009), SCHOFIELD (2007) e BENSAUDE-VINCENT (1996). O texto da narrativa a ser discutida encontra-se na íntegra no Apêndice II.

Iniciamos destacando os modelos científicos e as visões de mundo aceitas e questionadas no recorte histórico relativo ao tema “A busca de novos ares”, em relação a três aspectos: a natureza do ar, a respiração de seres vivos e a nutrição das plantas.

Até o início do século XVIII o modelo aceito sobre a constituição do ar ainda carregava fortes traços da herança aristotélica (MARTINS, 2009). O ar era visto como uma substância simples e indivisível que formava, em conjunto com a água, a terra e o fogo os quatro elementos que constituem nosso mundo material. Os tipos diferentes de “ares” e “águas” eram interpretados como ‘contaminação’ destes elementos por sujeiras, como fumaça e lama (MATTHEWS, 2009) ou elementos pestilentos, como o que um cadáver exalava (MARTINS, 2009). Não existia o conceito de gases, como oxigênio, hidrogênio e gás carbônico. Até este século muitos trabalhos haviam sido realizados sobre o comportamento do ar, mas poucos

sobre sua estrutura (MATTHEWS, 2009). Além disso, ainda não se sabia o que ocorria na queima de substâncias, nem por qual motivo o fogo se apagava se fosse encerrado em um recipiente fechado (MARTINS, 2009). Entretanto, estas duas questões se mostrariam interligadas.

Além da combustão, outro fenômeno pouco compreendido era o da respiração dos seres vivos. Em relação ao funcionamento da respiração, duas teorias foram aceitas até o século XVIII. Primeiro, a visão aristotélica considerava que a respiração tinha como função regular a temperatura do corpo com pulmões, atuando como um sistema de refrigeração. Acreditava-se, também, que na expiração os animais liberavam certos “vapores fuligiosos” (MARTINS, 2009). Em segundo lugar, em relação à nutrição das plantas, outra ideia aristotélica era vigente: as plantas adquiriam os ‘alimentos’ necessários através da raiz, que simbolizava a “boca” dos vegetais.

Na segunda metade do século XVIII surgem muitos trabalhos sobre a composição dos gases, suas propriedades químicas, suas relações com os seres vivos (MARTINS, 2009) e sobre a nutrição dos vegetais (MATTHEWS, 2009). Joseph Priestley será um personagem marcante nesta época, mas não foi o único a contribuir para este conhecimento. Destacaremos alguns dos trabalhos mais importantes que influenciaram a sua produção científica, buscando uma maior compreensão do contexto histórico da época.

Johannes Baptista van Helmont (1577-1644) já havia reconhecido a existência de diferentes “espíritos selvagens” produzidos em reações como a queima de carvão, fermentação do vinho e aquecimento de matéria orgânica, para os quais propôs o nome ‘gás’ (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009). Robert Boyle (1627-1691) realizou experimentos colocando velas acesas e animais em recipientes conectados a uma bomba de vácuo, averiguando que ambos pereciam quando o ar era retirado do compartimento. Isto serviu como argumento contra a tese de que a respiração se processava porque algo era retirado do corpo, além de apontar para a importância do ar e de alguma característica intrínseca a ele que era essencial à manutenção do fogo e da vida (MARTINS, 2009). Os estudos de John Mayow (1643-1679) corroboraram com os resultados de Boyle. Colocando uma vela e um camundongo em um recipiente invertido sobre a água, impedindo a entrada de ar, e esperando um tempo, este inglês observou que a vela se extinguia e o camundongo perecia, novamente apontando para a existência de algo no ar necessário à combustão e à vida (MARTINS, 2009). Este tipo de ar foi chamado por alguns de ‘ar rico’ (MATTHEWS, 2009).

Alguns anos depois, o pastor protestante Stephen Hales (1677-1761) realizaria experimentos sobre respiração humana, além de repetir os experimentos de Boyle e Mayow (SCHOFIELD, 2007). Suas investigações apontaram que a respiração de pessoas, não

importando seu estado de saúde, exauria a característica do ar que era necessária à vida, tornando-o impróprio à respiração. Hales também calculou que na respiração de uma pessoa normal um galão de ar torna-se impróprio em um minuto. Isto o levou, por exemplo, a planejar e instalar ventiladores em ambientes como hospitais, navios e prisões, o que reduziu a mortalidade nestes lugares (MARTINS, 2009).

Além disso, Hales desenvolveu diversos aparelhos para coletar, medir e transportar gases, como a cuba pneumática, que será utilizada e aperfeiçoada posteriormente por Priestley (MARTINS, 2009). Obteve diferentes tipos de gases ao destilar materiais como madeira e carvão. Entretanto, não chegou a identifica-los, nem nomeá-los e nem reconheceu que eram completamente diferentes (MARTINS, 2009).

O filósofo natural escocês Joseph Black (1728-1799), que trabalhou com física e com química, foi o primeiro a isolar e identificar um novo gás. Esta foi uma enorme contribuição para o reconhecimento dos diferentes “ares”. Já era conhecido que certas substâncias quando queimadas liberavam um “ar especial” e em alguns casos isto reduzia o peso da substância (MARTINS, 2009). Em 1755, ao aquecer mármore (carbonato de cálcio) Black coletou e identificou um gás com características diferentes do atmosférico, o qual nomeou de “ar fixo” por estar preso ao componente antes da queima (MATTHEWS, 2009). Investigações com este gás, hoje chamado de gás carbônico, mostraram que ele não era apto para a respiração e nele não era possível haver combustão. Estas características eram iguais ao ar exalado pela respiração e emitido pela fermentação da cerveja, que já haviam sido reconhecidos por Van Helmont (MARTINS, 2009).

Além do “ar fixo”, outros tipos de gás já haviam sido obtidos e coletados, mas não nomeados. Por exemplo, o gás que chamamos hoje de Hidrogênio havia sido obtido por Boyle a partir da reação de ferro em pó com ácidos e seu caráter inflamável foi reconhecido (MARTINS, 2009). Mas, foi Henry Cavendish (1731-1810) quem descreveu bem suas características, defendendo que este gás estaria preso em metais e era solto através da ação dos ácidos (MARTINS, 2009).

Em paralelo às análises sobre a natureza do ar, Van Helmont e Boyle também realizavam experimentos sobre a nutrição de plantas. Van Helmont publicou um estudo sobre o cultivo de um salgueiro durante cinco anos que somente recebia água e teve sua massa aumentada neste processo. Boyle foi além e analisou o crescimento de uma planta somente na água, sem a necessidade de terra (MATTHEWS, 2009). Contrariando a teoria dos quatro elementos, esses experimentos sugeriam que seria possível transmutar água em terra. Contribuindo para esta crítica, Hales reconheceu experimentalmente que o ar também era absorvido durante o crescimento das plantas (MATTHEWS, 2009). Ele também observou o

papel das folhas neste processo, o comparando ao pulmão de animais, por absorver algo do ar necessário a sua sobrevivência (MATTHEWS, 2009).

Assim, reconhecemos as ideias, em relação à nutrição das plantas e ao conhecimento sobre os diferentes tipos de gás, que eram mais aceitas pela comunidade científica. É interessante destacarmos que o nome 'gás' de Van Helmont não foi imediatamente e nem extensamente utilizado, de forma que, até 1771 ainda eram encontrados trabalhos apresentando o ar como uma substância que se apresenta em diferentes formas que dependem da quantidade de calor contida nela (MATTHEWS, 2009). É diante deste cenário que Joseph Priestley (1733-1804) irá se interessar pelo estudo dos gases. Mas, primeiro, devemos conhecer um pouco sobre a sua história.

Nascido em uma pequena vila inglesa, perto da cidade de Leeds, Priestley foi criado pelos seus avós e tios. Estes últimos eram muito ricos e protestantes calvinistas dedicados à religião. Por isso proporcionaram a Priestley uma boa educação e o incentivaram a se tornar um pastor (SCHOFIELD, 2007; MARTINS, 2009). Entretanto, na sua adolescência, Priestley se revolta com os dogmas da Igreja calvinista e se afasta da sua religião familiar (SCHOFIELD, 2007; MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009).

Isto não significou a rejeição da sua fé ou dos seus estudos sobre teologia, pois aos 19 anos ele se afilia aos "Dissidentes Racionais", uma linha dentro dos estudos teológicos que acreditavam na análise racional da Bíblia e do mundo natural. Priestley começa a acreditar que tanto os textos religiosos, quanto as leis morais poderiam ser comprovadas cientificamente (MARTINS, 2009).

Priestley se destacava em seus estudos, aprendendo diversas línguas (grego, latim, alemão, italiano, árabe, hebraico, francês), além de estudar matemática, filosofia e física. Entretanto, por causa da sua origem calvinista foi barrado de universidades como Oxford e Cambridge, diante do apoio que o Estado dava à Igreja Anglicana (SCHOFIELD, 2007; MATTHEWS, 2009). Por isso foi estudar em Daventry, uma academia de dissidentes, onde teve contato com trabalhos científicos, religiosos e filosóficos da época, de autores como John Locke, Isaac Newton e David Hartley (MATTHEWS, 2009). Em seus escritos, Priestley apontou que lá encontrou uma instituição que se preocupava com uma "séria busca da verdade" (Priestley 1806/1970, p. 75, apud. MATTHEWS, 2009, p. 932). Pela sua boa educação, foi autorizado a não fazer os dois primeiros anos do curso, de modo que, com 22 anos se tornava um pastor dissidente (SCHOFIELD, 2007, MARTINS, 2009).

Seu envolvimento com os deveres de pastor dissidente o levou a se mudar para cidades diferentes, onde trabalhou em paróquias e escolas. Desde seu contato com a educação, sempre incentivou os estudantes a realizarem trabalhos experimentais com o

objetivo de compreender os diferentes fenômenos do mundo natural (SCHOFIELD, 2007; MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009). Aos 27 anos é convidado a se mudar e tornar professor da Warrington Academy, onde passou seus próximos cinco anos. Neste tempo ele se casou, teve três filhos e escreveu livros sobre educação e história (SCHOFIELD, 2007; MARTINS, 2009). Neste período sua primeira obra sobre física foi escrita. Os estudos de física de Priestley relacionavam á eletricidade área que se desenvolvia muito nesta época (MARTINS, 2009). Para escrever essa obra, Priestley contou com a ajuda de Benjamin Franklin, de quem havia se tornado amigo (BERG, 2011). Interessou-se em refazer muitos dos experimentos de eletricidade da época, o que o levou a comprar aparatos experimentais muito caros e comprometer suas finanças (BERG, 2011; MARTINS, 2009). m 1766 seu trabalho é reconhecido a ponto de receber a indicação a uma posição honrosa como membro da *Royal Society* (SCHOFIELD, 2007; MARTINS, 2009).

Um ano depois Priestley se desentendeu com a Warrington Academy, demitindo-se da posição de professor e voltando para Leeds, para trabalhar em uma paróquia presbiteriana pelos próximos cinco anos (SCHOFIELD, 2007; MATTHEWS, 2009). Neste período, escreveu textos sobre teologia que defendiam que as verdades religiosas deveriam estar de acordo com os conhecimentos científicos (BERG, 2011). Nesse caminho, Priestley apresentou ideias como a de que Cristo não era Deus e começou a se envolver em controvérsias religiosas (MARTINS, 2009). Neste período, produziu uma obra sobre Óptica. Para a produção desta obra ele voltou a comprar aparelhos custosos. Diante da fraca venda desta obra, Priestley se decepcionou com o trabalho científico e pensa em largar suas pesquisas (SCHOFIELD, 2007; MARTINS, 2009).

O gosto pela ciência aproximou Priestley novamente do trabalho experimental, mas em uma área na qual os experimentos custavam pouco: o estudo sobre o “ar fixo”, que havia sido identificado por Joseph Black (MARTINS, 2009). Priestley é contratado para analisar o ar que era liberado em uma cervejaria próxima da sua casa. O processo de fermentação da cerveja nos tonéis os enchia deste gás, que, ao transbordar, desciam e se espalhavam pelo solo. Objetos em chamas, como velas, apagavam ao serem imersos neste gás e animais poderiam morrer se ficassem muito tempo dentro deste “ar fixo” (MARTINS, 2009). Priestley realiza diversas experiências que utilizavam seres vivos, como insetos, sapos, ratos e gatos, para verificar quem aguentava mais tempo neste ar e qual o motivo da morte. Sua primeira explicação consistia em um efeito de coagulação no sangue dos animais que o “ar fixo” supostamente produzia (MARTINS, 2009). Estes e outros experimentos com animais causaram reações humanísticas e românticas, como a do pintor Joseph Wright (1734-1797) que pintou o quadro “*Experimentos com um pássaro em uma bomba de ar*” em 1768 como crítica ao descaso dos cientistas com a vida (MATTHEWS, 2009).

Suas experimentações mostraram que ao colocarmos o “ar fixo” junto com água em um recipiente e o sacudirmos, o resultado era uma água gasosa parecida com as águas minerais de Pyrmont (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009). A esta água era atribuído um valor medicinal na época e hoje a reconhecemos como água com gás. Após desenvolver outro método para produzir o “ar fixo”, resultado da mistura de giz com um ácido, Priestley reconheceu a possibilidade de produzir esta água em grande escala e que este empreendimento apresentava um grande potencial de lucro. Priestley, que não seguiu o caminho de produção dessa água, acreditava que seu papel era continuar a “busca da verdade” através dos estudos científicos (MATTHEWS, 2009).

Em 1772, Priestley realizou uma série de palestras na *Royal Society* anunciando os resultados dos seus trabalhos, como a produção da água com gás. Dentre os trabalhos apresentados, o que lhe rendeu grande destaque descrevia suas observações sobre a respiração e nutrição de plantas (SCHOFIELD, 2007; MATTHEWS, 2009). Já se sabia que a combustão e a respiração de animais produzia “ar fixo”, deteriorando a qualidade do “ar rico” de um ambiente. A partir destes resultados, Priestley se colocou a seguinte questão: após séculos de existência da Terra, com animais respirando, vulcões ativos e incêndios diversos, processos cujo resultado reduzia a qualidade do ar terrestre, estaria a atmosfera terrestre tornando-se imprópria para os seres humanos (MATTHEWS, 2009)? O pensamento lógico cristão de Priestley lhe fazia acreditar em razões teológicas para isto não acontecer: um mundo criado por um Deus todo-poderoso deveria apresentar algum processo de renovação da qualidade deste ar (MATTHEWS, 2009).

Priestley continuou realizando experimentos sobre a respiração, mas desta vez colocando ramos de hortelã dentro de uma cúpula de vidro invertida sobre uma bacia d’água. Apesar das crenças em um processo de restauração, no início Priestley não esperava que as plantas fossem processar o ar de uma maneira diferente dos animais (MARTINS, 2009). Desta forma, Priestley ficou surpreso quando este ramo de hortelã sobreviveu por três meses nestas condições (MATTHEWS, 2009). Além disso, um camundongo colocado neste recipiente, em conjunto com o ramo, sobrevivia cinco minutos e era retirado em uma aparente boa condição física (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009). Isto levou Priestley a acreditar que havia descoberto a origem da restauração do ar terrestre, publicando em seu artigo de 1772. Esta descoberta lhe rendeu a Medalha Copley em 1773, uma premiação próxima do Prêmio Nobel de hoje (MARTINS, 2009; MATTHEWS, 2009).

Durante a realização das experiências com plantas que sobreviviam em recipientes isolados, Priestley reconheceu que a modificação de alguns fatores no experimento afetava a renovação do ar. Três fatores merecem destaque. Primeiro, a presença de folhas mortas não auxiliava este processo, ao contrário, a putrefação prejudicava a qualidade do ar (MARTINS,

2009). Plantas que cresciam em água deixavam nesta uma “matéria verde” que não foi imediatamente identificada por Priestley como plantas microscópicas. Entretanto, a repetição dos experimentos somente com esta matéria mostrava que ela também auxiliava no processo de renovação do ar (MATTHEWS, 2009). A partir da análise desta matéria em um microscópio, realizada e compartilhada por William Bewly, ambos reconheceram que também se tratava de plantas em menor escala. Por último, a realização destes experimentos em lugares fechados e mal iluminados parecia prejudicar a qualidade do ar. Foram necessários seis anos para Priestley reconhecer a importância do Sol no processo de renovação, apresentando estas observações somente em 1778. É importante considerarmos que o conhecimento de Priestley em relação ao processo de renovação do ar, hoje chamado de fotossíntese, é muito diferente do que aceitamos hoje em dia (MARTINS, 2009).

Voltando a 1773, Priestley deixou Leeds novamente ao ser chamado para ser bibliotecário, assistente geral e tutor dos filhos do duque inglês de Shelburne (SCHOFIELD, 2007). Esta posição lhe garantiu suas finanças e o deixou com muito tempo livre durante os quase sete anos que durou (MARTINS, 2009). Neste período, Priestley escreveu muitos livros, principalmente sobre filosofia, além de intensificar seus estudos sobre gases (MARTINS, 2009). Desenvolveu também aparelhos para coleta e exame de gases e aperfeiçoou outros, como a cuba pneumática. A cuba pneumática funcionava da seguinte maneira: colocava-se dentro de um recipiente de vidro que continha água algum material que flutuasse nela. Esta parte do recipiente estava conectada a outro recipiente, também com água. O material flutuante era queimado e os gases resultantes da queima empurram a água, sendo coletados neste outro recipiente (MARTINS, 2009). Para que não houvesse troca de gases entre o interior e o exterior, a queima deveria ser realizada através do vidro, logo o método que o auxiliou neste processo foi a utilização de grandes lentes para queimar os materiais (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009). Priestley se perguntou se alguns dos gases que estavam sendo emitidos pela queima dos materiais eram absorvidos pela água na passagem pela cuba. Desta forma, resolveu trocá-la por mercúrio, que não absorvia gases solúveis em água, o que possibilitou a coleta e identificação de novos gases (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009).

Desde 1772 Priestley havia realizado experimentos envolvendo queimas de diversos materiais na cuba pneumática. Em 1774, ao focalizar sua lente sobre um material chamado na época de “cal vermelha de mercúrio” (um pó vermelho obtido aquecendo mercúrio líquido no ar, hoje chamado de óxido de mercúrio), notou que uma grande quantidade de um gás era emitida (MARTINS, 2009; MATTHEWS, 2009). Ao testar as propriedades deste gás, observou que uma vela queimava muito bem nele e com uma chama mais intensa. Fora isso, um camundongo vivia o dobro do tempo que sobrevivia em igual quantidade de ar (MARTINS, 2009). Este é o gás hoje conhecido como oxigênio. A partir da teoria do flogisto, a queima de uma vela era

interpretada como se a combustão liberasse flogisto ao ar do ambiente. Dentro de um recipiente a vela se apagava, pois o ar ficava saturado de flogisto. Diante da combustão mais intensa e duradoura de uma vela neste novo gás, Priestley acreditou que havia produzido um gás totalmente desprovido de flogisto, nomeando-o “ar desflogisticado” (MARTINS, 2009). Estes e outros estudos resultam em um trabalho em forma de artigo em 1774, onde são apresentados diversos tipos novos de “gases”, como o “ar nitroso” (óxido nítrico, NO) e o “ar alcalino” (amônia, NH3).

Em 1772, Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), um pesquisador sueco já havia isolado e identificado o oxigênio através da queima do minério de manganês (MARTINS, 2009). Na análise das qualidades, Scheele também reconheceu sua capacidade de alimentar uma chama, mas estes resultados não foram publicados, o que lhe privou do reconhecimento pela descoberta (MARTINS, 2009).

Em 1774, Priestley acompanha o duque de Shelburne a um jantar em Paris, convidados por Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) (SCHOFIELD, 2007). Neste jantar Priestley apresenta sua recente descoberta do “ar desflogisticado”, o que encanta Lavoisier (BENSAUDE-VINCENT, 1996). Este irá reproduzir os processos citados por Priestley e conseguir coletar e identificar este novo gás, ao qual dará o nome de oxigênio (BENSAUDE-VINCENT, 1996; MATTHEWS, 2009). É a partir desta reprodução deste gás que se iniciou uma controvérsia história em relação à prioridade na descoberta do oxigênio. Muitos ainda atribuem a Lavoisier a originalidade e o trabalho de Scheele é pouco reconhecido (MARTINS, 2009).

É importante destacamos que Priestley produziu cerca de quatro vezes mais obras sobre teologia e religião do que sobre ciência, (Wykes, 2008, p. 20, apud. BERG, 2011). Em seus diversos trabalhos apresentou sua defesa da análise racional de textos bíblicos, da liberdade do homem de pensar e usar da razão para descobrir e questionar fatos sobre o mundo natural e suas críticas ao governo inglês e a instituição da Igreja. (BERG, 2011). Alguns destes ideais eram compartilhados pela Revolução Francesa (BERG, 2011; MARTINS, 2009).

Em 1791, o apoio de Priestley a estes ideais, em conjunto com a rejeição ao seu discurso religioso, resultou em um ataque à sua casa e à sua igreja. Um grupo de pessoas ateou fogo em sua casa em protesto contra suas ideias, forçando Priestley a fugir disfarçado, enquanto seu filho mais velho buscou recuperar itens de valor na casa (SCHOFIELD, 2007). Após três anos deste incidente, diante da insistência de amigos próximos, Priestley decidiu se mudar com a sua família para a Pensilvânia, nos Estados Unidos (SCHOFIELD, 2007; MARTINS, 2009). Afastado destes conflitos, ele viveu mais dez anos, falecendo em seis de fevereiro de 1804.

Nesse período, Lavoisier esteve envolvido diretamente na Revolução Francesa. Seus anos trabalhando como *Ferme gènérale* (um tipo de cobrador de impostos real) o colocaram como alvo dos revolucionários (SCHOFIELD, 2007; BENSAUDE-VINCENT, 1996). Três anos após o incêndio na casa de Priestley, Lavoisier foi julgado por uma assembleia de revolucionários, condenado e decapitado em oito de maio de 1794 (SCHOFIELD, 2007).

Aspectos da Natureza da Ciência (Priestley e a busca de novos "ares")

Autores como BERG (2011), MATTHEWS (2009) e MARTINS (2009) apontam a figura de Priestley como um exemplo do pensamento Iluminista, além de destacarem a importância das suas obras teológicas, políticas e educacionais. Na utilização desta NH nossa atenção está em como estes e outros fatores se relacionam com a produção científica de Priestley. Utilizaremos este recorte histórico para ilustrar alguns aspectos da NdC escolhidos a partir dos trabalhos de MCCOMAS (2008) e OSBORNE et al. (2001):

1. *Aspectos políticos, sociais e culturais influenciam a ciência*

Esta NH possibilita novamente discussões sobre este aspecto que, neste momento, já havia sido trazido pela narrativa "*As forças de Mayer".* Apresentamos algumas das possíveis análises sobre este episódio que podem alimentar discussões sobre este aspecto da NdC.

A revolta de Priestley com a Igreja calvinista resultou no seu afastamento de sua família religiosa e na aproximação da cultura dos *DissidentesRacionais* (SCHOFIELD, 2007). Desde então, sua vida esteve sempre associada a trabalhos em paróquias e igrejas dos *Dissidentes*. Além disso, sua produção de livros sobre teologia, política e educação foi um marco impressionante em sua vida (BERG, 2011). O envolvimento com esta cultura religiosa foi um fator importante na formação do pensamento lógico e religioso de Priestley, fator que norteou suas buscas, pesquisas e interpretações em seu trabalho científico (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009). Encontramos na sua crença da existência de algum processo de renovação do ar, necessário a um mundo perfeito ao homem criado por um Deus, um primeiro norteador dos seus experimentos sobre a respiração das plantas. Reconhecemos que o próprio Priestley afirmou que não esperava encontrar nada de diferente entre a respiração de vegetais e dos animais em seus primeiros experimentos com plantas (MARTINS, 2009). Entretanto, esta crença o motivou a persistir na busca através de pesquisas sobre a respiração dos seres vivos. Destacamos também a sua influência na observação dos resultados dos experimentos, interpretando que as plantas estariam sobrevivendo em recipientes isolados por renovarem a qualidade do ar ali presente (MATTHEWS, 2009).

Outro ponto de destaque no texto está na perseguição ideológica e religiosa que Priestley sofreu. Seu apoio a ideais Iluministas, sua rejeição a certas interpretações dadas a textos sagrados e seus livros teológicos criticando a Santíssima Trindade foram responsáveis

por esta perseguição que resultou na queima de sua casa e laboratório por uma multidão em 1791 (MARTINS, 2009; MATTHEWS, 2009). Entretanto, este não foi o único episódio em que encontramos resultados de confrontos ideológicos e religiosos. Priestley chegou a se mudar duas vezes de cidade diante da rejeição de suas ideias religiosas pela população local (MARTINS, 2009). E será a partir da insistência de amigos próximos, preocupados com a sua segurança, que Priestley imigra para os Estados Unidos (SCHOFIELD, 2007).

2. *Ciência e Tecnologia não é a mesma coisa, mas geram impactos uma na outra*

Este episódio histórico possibilita o professor de trazer este aspecto às discussões em sala diante da intensa experimentação sobre a natureza do ar e da nutrição das plantas. Os aparatos criados por Stephen Hales para coleta e identificação de novos gases (MATTHEWS, 2009), assim como o aperfeiçoamento da cuba pneumática por Joseph Priestley (substituição da água pelo mercúrio) (MARTINS, 2009) impulsionaram as pesquisas sobre os novos ares, ilustrando a forte relação nesse episódio entre desenvolvimento técnico e ciência.

Além disso, este episódio apresenta um exemplo de desenvolvimento de materiais comercializáveis através de resultados de pesquisas científicas: a descoberta realizada por Priestley da absorção do gás carbônico pela água, que originou o processo artificial de produção de água mineral gasosa, comercializado por Scheppes (MATTHEWS, 2009; MARTINS, 2009).

Nesta segunda NH encontramos novamente um destaque a uma figura científica e uma situação que apresenta certo grau de dramaticidade: Priestley assistindo à sua casa pegar fogo em 1791. Desta forma, devemos nos voltar novamente aos perigos apontados por ALLCHIN (2004) por uma excessiva romantização em um texto histórico:

- *Demasiada ênfase à contribuição de apenas um indivíduo* – Priestley pode ser o personagem principal desta narrativa, entretanto em sala de aula desenvolvemos discussões com os alunos ressaltando outros personagens que participaram do estudo dos novos ares no século XVIII. Assim, trouxemos para a sala de aula a contribuição de cientistas importantes para as descobertas sobre a natureza do ar e a nutrição das plantas, como Stephen Hales e Joseph Black. Como vimos nos *Aspectos Históricos*, muitos cientistas contribuíram para que Priestley pudesse atingir os seus resultados, dessa forma, construímos as aulas históricas oriundas da NH Priestley destacando que a ciência não é construída por cientistas gênios trabalhando isolados.

- *Disfarçar motivações não tão nobres assim* – Concordamos com BERG (2011), MATTHEWS (2009) e MARTINS (2009) que os dados históricos disponíveis sobre Joseph Priestley constroem a imagem de um personagem único. A defesa de seus ideais religiosos, filosóficos e educacionais, por mais que fossem controversos, formaram uma parte importante

do seu trabalho, inclusive lhe rendendo consequências trágicas. As partes do texto que destacam sua filosofia de uma “séria busca pela verdade” (MATTHEWS, 2009, p. 932) podem auxiliar na construção da figura de um cientista idealizado, que trabalha a partir de motivações nobres, visão que é criticada por ALLCHIN (2004). Entretanto, muitas informações históricas levantadas nos mostram um Priestley reconhecido pelos seus ideais e pela sua determinação em levar suas crenças religiosas e filosóficas à sua produção científica. Dessa forma, foi fundamental no planejamento das atividades posteriores á leitura da NH Priestley definir a imagem de cientista que estava sendo apresentada aos alunos. Assim, construímos intervenções em sala de aula que tinha por propósito apresentar a figura de Joseph Priestley de forma a explicitar um cientista que dialogou com outros cientistas de seu tempo, seja absorvendo propostas desses, seja se contradizendo às conclusões apresentadas a ele. Um cientista que se dedicou ao trabalho experimental e que isso o levou a desenvolver e aperfeiçoar aparatos técnicos para serem usados em sua pesquisa. Fora isso, destacamos que a dedicação ao trabalho científico e as respostas a problemas encontrados tiveram motivações internas e externas à ciência. Enfim, buscamos traçar um panorama capaz de mostrar Priestley como um homem inglês do século XVIII e que, portanto, teve uma trajetória pessoal e profissional com idas e vindas.

Aspectos literários (Priestley e a busca de novos “ares”)

(1) EVENTOS-MARCO

Essa segunda narrativa apresenta *Eventos-marco* que ocorrem em tempos diferentes (*Tempo Passado*). A narrativa se passa em 1791, no momento em que Priestley assiste à sua casa sendo destruída pelo fogo. Isto o faz refletir sobre momentos em sua vida, algumas vezes relacionados a seus pertences que estão sendo consumidos pelo incêndio. As memórias de Priestley aparecem em uma ordem cronológica e são narradas por um *Narrador* impessoal. Desta forma, apresentam novos *Eventos-marco*, que são entrelaçados com o que ocorre em 1791.

A sequência de *Eventos-marco* segue: A casa de Priestley pega fogo → Priestley assiste ao incêndio → Priestley volta seu pensamento à sua juventude na Inglaterra, sua educação, sua formação como pastor e às suas viagens por cidade rurais → Volta o pensamento ao seu laboratório pegando fogo → retoma o passado pelos experimentos que havia realizado em seu laboratório → lembra-se dos antigos conhecimentos sobre a natureza do ar, do reconhecimento do consumo de algo no ar pela combustão e a sua crença na necessidade de um processo de renovação do ar → sua memória traz os trabalhos de Joseph Black e os seus próprios em coletar e identificar gases → lembra-se da conquista da Medalha Copley → a possível perda da medalha traz o incêndio de volta à sua atenção e este foi resultado do seu apoio a ideais Iluministas → este infortúnio traz a figura de Antoine Lavoisier à

sua memória e do jantar dezessete anos antes onde Priestley apresentou o novo “ar desflogisticado” que havia coletado → os trabalhos de Stephen Hales sobre o efeito da respiração de animais e plantas são lembrados e associados à memória das suas próprias descobertas sobre a importância das plantas para a renovação do ar → lembra-se do reconhecimento da luz solar como fator necessário para a renovação do ar → o dia amanhece → Priestley ainda observa o resto de sua casa → é narrado que três anos depois Priestley se muda para os Estados Unidos para viver mais dez anos até falecer.

(2) O NARRADOR

Na narrativa a principal função do *Narrador* é contar ao leitor o que acontece com Priestley ao assistir o incêndio em sua casa. É ele quem apresenta as memórias, os sentimentos e emoções que a cena retratada traz a Priestley. Desta forma, não esperamos que o *Narrador* esteja presente nas perguntas levantadas pelos alunos, diante do seu caráter impessoal. A narração das lembranças representa idas e voltas na vida de Priestley, configurando o *Tempo Passado* da narrativa.

Entretanto, também é função do *Narrador* destacar o reconhecimento que Priestley recebia pelas suas obras literárias e pesquisas, além de certas informações históricas do período das suas memórias. Encontramos exemplos em: “*Seu mérito conquistado por tantas contribuições à ciência lhe deu voz...*” (l. 36-37) e “*... mal sabia ele que, três anos após o incêndio, um filósofo natural da época viria a sofrer consequências da revolução: Antoine Lavoisier seria decapitado em praça pública*” (l. 45-47).

Por último, o *Narrador* apresenta uma função pedagógica de descrever certas teorias científicas aceitas na época e alguns dos resultados das pesquisas dos cientistas que atuaram neste período. Um exemplo está nas linhas 17-18, onde encontramos uma explicação sobre a visão aristotélica da natureza do ar. Entre as linhas 53-57 o *Narrador* apresenta as pesquisas de Stephen Hales e alguns dos resultados de Priestley.

(3) APETITE LITERÁRIO

O incêndio causado na casa de Priestley, associado às perseguições políticas e religiosas configuram uma *dramatização* de mesmo caráter que a estada de Mayer no sanatório em 1851, na primeira NH. Escolhemos esta tragédia em sua vida como cenário onde se passa a narrativa, com o objetivo de criar um *Apetite literário* e conquistar a atenção dos leitores. A apresentação do personagem de Antoine Lavoisier, pelo anúncio de sua futura decapitação (l. 46-47) é outro ponto que alimenta a *dramatização* da narrativa. Entretanto, é importante voltarmos a destacar que esta *dramatização* não objetiva apresentar uma visão ficcional da ciência, onde os cientistas são mártires na construção do conhecimento científico.

Seu propósito é fazer com que o leitor tenha mais interesse na leitura, pelos *Agentes* e pelo conteúdo do texto. Isto visa aumentar a sua atenção, o que deve resultar num melhor levantamento de questões para a prática pedagógica (KLASSEN, 2009a). No planejamento das aulas seguintes estivemos atentos aos riscos envolvidos em uma interpretação *dramática* do empreendimento científico (ALLCHIN, 2004). Nesse planejamento consideramos, ainda, que essa NH estava sendo trabalhada após a NH de Mayer, em que a NH apresenta a dramatização e as aulas buscaram romper com a imagem dramatizada de Mayer.

As idas e vindas entre as memórias e o incêndio formam a *Estrutura* com que o texto foi escrito. A construção da NH teve o objetivo de criar no leitor uma ansiedade, frente ao incêndio de 1791, e alimentar um sentimento de querer saber o que aconteceria em seguida (NORRIS et al., 2005; KLASSEN, 2009a). Esta curiosidade não estaria ligada somente ao que deve ocorrer após o incêndio. Diante da apresentação das memórias de Priestley, gostaríamos que o leitor fosse despertado para os acontecimentos do passado, isto é, qual foi o motivo do incêndio e como esta situação se configurou. Reconhecemos este característica nos trechos: "*Como chegamos a isso?"* (l. 5) e "*Seu mérito* [...] *lhe deu voz, mas ninguém havia lhe alertado dos perigos de usá-la*" (l. 36-37).

(4) TEMPO PASSADO

O *Narrador* é a ferramenta que nos apresenta Priestley assistindo ao incêndio e as memórias que passam pela sua cabeça. Utilizamos então do *Tempo Passado* para articular este episódio de 1791 e a vida anterior de Priestley, aspecto que visa desenvolver um *Apetite literário* nos leitores. Isto está representado pelo trecho: "*enquanto a adrenalina trazia o início de sua vida aos seus olhos: sua juventude..."* (l. 7-8). Além das memórias, no final da narrativa o *Narrador* nos informa o que ocorrerá na vida de Priestley: sua mudança para os Estados Unidos três anos após o incêndio e sua morte dez anos depois.

(5) Estrutura

A *Estrutura* principal na qual construímos esta narrativa é simples: Joseph Priestley está assistindo a sua casa pegando fogo → o incêndio lhe traz lembranças sobre sua vida e produção científica → é narrado o que acontece com Priestley após o incêndio. Também podemos pensar na estrutura como uma sequência de pequenas histórias interligadas, que geram mudança de estado nas seguintes (KLASSEN, 2009a):

Priestley assiste sua casa pegando fogo, *então, como resultado,* se recorda da sua juventude, *então, como resultado,* lembra-se dos experimentos realizados no seu laboratório, *então, como resultado,* reconhece os antigos conhecimentos sobre a natureza do ar e sobre a combustão, *então, como resultado,* associa à crença na necessidade de um processo de renovação do ar,

então, como resultado, pensa nos trabalhos de Joseph Black, *então, como resultado,* lembra-se da conquista da Medalha Copley, *então, como resultado,* volta a atenção ao incêndio, *então, como resultado,* seu infortúnio é associado ao de Lavoisier, *então, como resultado,* a apresentação dos seus trabalhos no jantar em Paris são lembrados, *então, como resultado,* os trabalhos de Stephen Hales são relembrados, *então, como resultado,* Priestley se lembra dos seus resultados sobre o papel das plantas na renovação do ar, *então, como resultado,* lembra-se da importância da luz solar no processo, *então, como resultado,* o Sol nasce e Priestley ainda está observando a sua casa, *então, como resultado,* o futuro de Priestley é narrado.

(6) Agentes

Novamente utilizamos *Agentes* humanos para apresentar a evolução do conhecimento sobre a natureza do ar e da nutrição das plantas. O *Agente* principal é o próprio Joseph Priestley, porém encontramos outros ao longo do texto: Joseph Black, Antoine Lavoisier e Stephen Hales, na ordem em que aparecem. É possível considerar a multidão que ateia fogo à casa de Priestley como um *Agente* secundário, já que ela é responsável por uma mudança de estado na narrativa (NORRIS et al., 2005).

(7) Propósito e (8) O Papel do Leitor

O propósito pedagógico das três NHs desta proposta consiste em alimentar a curiosidade do leitor pelo texto e fazê-lo levantar dúvidas em forma de questões a serem registradas. Ainda assim, podemos dizer que com o trabalho em torno a NH *Priestley e a busca de novos "ares"* buscamos, principalmente, proporcionar aos alunos um exemplo da articulação entre as inúmeras contribuições de diferentes cientistas na construção do conhecimento científico.

Mantemos o *Papel do Leitor* da primeira NH. Em relação à leitura do texto: reconhecer o gênero literário narrativo, interpretar e construir sentido, desenvolver uma vontade de querer saber o que irá acontecer em seguida, se engajar na história e desenvolver certa empatia.

(9) O Efeito do não contado

Para que esta ferramenta pedagógica possa cumprir com os seus objetivos devemos construí-la pensando em como o seu conteúdo irá alimentar a curiosidade dos alunos. Como dito anteriormente, estará no que *não é contado* a fonte de dúvidas dos alunos. Articulamos os elementos que constituem o *Apetite literário* desta narrativa com o que *não é contado* no texto, para que os alunos sintam-se atraídos e curiosos sobre estas informações. Se não houver interesse na leitura, encontraremos questões insignificantes que prejudicarão o desenvolvimento da prática pedagógica.

Em *Priestley e a busca de novos "ares"* voltamos a apresentar um texto rico em informações históricas e científicas. Diante das contribuições de diferentes cientistas e dos processos pelo qual Priestley desenvolveu sua pesquisa, esperamos encontrar questões dos alunos do tipo "O que é/O que significa", "Como", "Qual" e "Porque".

(10) Ironia

Esta narrativa não apresenta a utilização deste aspecto literário. Acreditamos que os eventos posteriores ao incêndio não são surpreendentes e não devem ir contra as expectativas dos alunos.

V.3 3ª Narrativa Histórica: *Eletricidade e Força Vital: a controvérsia Galvani x Volta*

Aspectos históricos (Eletricidade e Força Vital: a controvérsia Galvani x Volta)

Os aspectos históricos da terceira e última NH construída para nosso projeto pedagógico foram baseados nos trabalhos de HEILBRON (2001 e 2007), BERNARDI (1999), MARTINS (1999), BROWN (2007), GEDDES e HOFF (1971) e MORUS (1988). O texto utilizado nas aulas encontra-se na íntegra no Apêndice III.

Para que possamos analisar as controvérsias em torno à eletricidade animal do final do século XVIII, devemos entender algumas dimensões do conhecimento científico sobre a eletricidade aceito até a época.

Até o século XVII, já era reconhecido que ao se atritar certos materiais, como âmbar (em grego, elektron) e peles de animais, ou vidro e seda, alguma atividade estava sendo gerada, cuja natureza era desconhecida. Os corpos atritados pareciam adquirir algo no processo de atrito e esta qualidade os tornava atrativos para pequenos objetos, por exemplo, pedaços de palha. Esta atividade foi chamada de eletricidade estática e acreditava-se que fluidos, de natureza elétrica, estavam sendo criados no processo de atrito. Diante do uso de diferentes materiais, fluidos diferentes estariam sendo gerados, para os quais eram dados nomes, como "resinoso" e "vítreo" (GEDDES e HOFF, 1971).

Já no século XVII encontramos registros da geração de eletricidade estática por intermédio de máquinas elétricas. É aceito que a primeira máquina para tal uso foi o gerador de eletricidade estática de Otto Von Guericke (1602-1686), desenvolvido em 1670. O uso desta máquina facilitava a criação de eletricidade estática, possibilitando descargas elétricas de maior intensidade, desta forma possibilitando um melhor estudo experimental da eletricidade estática. Já era reconhecida que alguns peixes, como a enguia e o torpedo, tinham a capacidade de matar outros animais, aparentemente descarregando um fluido, cujos efeitos eram semelhantes à descargas elétricas (GEDDES e HOFF, 1971). Entretanto, a natureza destes fluidos ainda

não havia sido determinada e não havia estudos comparativos entre a eletricidade natural de raios ou de peixes elétricos e a gerada por máquinas eletrostáticas (MARTINS, 1999).

Em 1747, tanto o professor holandês Pieter van Musschenbroek (1692-1761), quanto o cientista alemão Ewald Jürgen von Kleist (1700-1748) reconheceram independentemente que o fluido elétrico poderia ser armazenado. O primeiro desenvolveu um aparato que, ao ser conectado em uma máquina eletrostática, armazenava fluido elétrico. Este aparato foi chamado de Garrafa de Leyden, cidade na qual ele era professor de matemática, filosofia e medicina (HEILBRON, 2001; GEDDES e HOFF, 1971). Uma Garrafa de Leyden é constituída de uma garrafa feita de material isolante, como vidro, com algum material condutor dentro, como folhas de metal. Da boca da garrafa, conectada com o material do interior, deve se projetar uma haste metálica que deve ser tocada no gerador elétrico para que a Garrafa seja carregada de fluido elétrico. No exterior da garrafa se coloca outro material condutor, sem contato com o condutor interior, possibilitando o fechamento de circuito.

Nesta época, Benjamin Franklin (1706-1790) buscava uma relação entre a eletricidade atmosférica e a artificial criada por máquinas elétricas. Em 1750, propôs a realização do experimento utilizando uma pipa para atrair raios (GEDDES e HOFF, 1971). Supostamente ele realizou esta experiência em 15 de Junho deste ano, como foi descrito na obra de Joseph Priestley de 1768, *A História e o Estado Presente da Eletricidade* (SCHOFIELD, 2007). A criação de faíscas pela descarga elétrica de um raio apontou semelhanças entre as eletricidades natural e artificial (GEDDES e HOFF, 1971).

Estudos mostraram que a aplicação de descargas elétricas naturais ou artificiais em músculos e nervos de animais ou humanos causavam contorções (GEDDES e HOFF, 1971; MORUS, 1988). Entretanto, uma dúvida era levantada: como os peixes elétricos conseguiam armazenar o fluido elétrico estando imersos em água salgada, um conhecido condutor. Para analisar como isso era possível, Henry Cavendish (1731-1810) associou uma série de Garrafas de Leyden e as conectou a um modelo de peixe elétrico. Este foi imerso em água salgada e Cavendish pedia para que alguns de seus colegas tocassem no peixe imerso. Estes sentiam descargas elétricas da mesma forma. Dessa forma, começou a atribuir a capacidade de descarga dos peixes elétricos a uma baixa tensão com um grande acúmulo de carga (HEILBRON, 2001). A relação entre tensão e carga foi uma das questões enfrentadas no desenvolvimento da pilha voltaica. Por último, é importante destacarmos que antes de Luigi Galvani (1737-1798) e de Alessandro Volta (1745-1827) não havia nenhuma fonte contínua de fluido elétrico (GEDDES e HOFF, 1971).

Antes de analisarmos os trabalhos de Luigi Galvani, devemos destacar um ponto. Galvani não foi o primeiro a trabalhar com eletricidade em corpos de seres vivos. No meio do

século XVIII, médicos e anatomistas, como o italiano Giuseppe Gardini (1740-1816), analisavam as teorias desenvolvidas por um médico suíço chamado Albrecht von Haller (1708-1777) (HEILBRON, 2001; BERNARDI, 1999). Ele desenvolveu uma teoria fisiológica onde o movimento muscular era causado por uma força interna específica da fibra muscular. Esta era considerada uma força mecânica que opera além da consciência, diferente da força vital e do sistema nervoso (BERNARDI, 1999). De acordo com a teoria halleriana, uma descarga elétrica realizada em um corpo seria um estímulo à *irritabilidade* dos músculos, o que causaria as contorções (BERNARDI, 1999). Haller se recusou a especificar a natureza desta *irritabilidade* (HEILBRON, 2001).

Na Universidade de Bologna, alguns médicos e anatomistas defendiam o hallerianismo, como Leopoldo Caldani (1725–1813), mas outros o criticavam, como Tommaso Laghi (1709-1764). Laghi destacava que a teoria não explicava como os nervos operavam nos músculos e sugeriu que os nervos formariam um tipo de sistema de canos por onde passava o fluido elétrico do nosso corpo (HEILBRON, 2001). Luigi Galvani foi um dos médicos anatomistas da Universidade de Bologna que irá apoiar esta crítica de Laghi (HEILBRON, 2007).

Luigi Galvani nasceu na cidade de Bologna, na Itália, em uma família católica. No início de sua juventude, se interessou por trabalhar para a Igreja, mas seu desejo de ser médico, como o pai, foi maior (BROWN, 2007). Formou-se na própria Universidade de Bologna em 1759, destacando-se pelo seu talento como anatomista e dissecador. Durante os anos seguintes à sua formação, Galvani dividiu seu tempo entre a prática clínica e cirúrgica, a pesquisa anatômica e o ensino de medicina (MARTINS, 1999). Durante o período de 1762 a 1783, Galvani realizou e publicou seus estudos de anatomia em que comparava sistemas urinários e genitais de diferentes animais, além dos órgãos do olfato e da audição (BROWN, 2007). A partir de 1783 seus trabalhos se direcionaram a fenômenos elétricos (BROWN, 2007).

Em 1783, Galvani participou de experimentos em Bologna utilizando faíscas de uma máquina elétrica para criar e analisar contrações em um sapo dissecado. Durante a realização do experimento ocorreu uma contração não esperada. Em certo momento, quando um assistente tocou com um bisturi nos nervos crurais do sapo, uma faísca foi liberada de uma máquina elétrica. Mesmo estando afastada do corpo dissecado, esta descarga causou uma contração no corpo do sapo (BERNARDI, 1999; HEILBRON, 2001; GEDDES e HOFF, 1971).

Galvani notou que era necessária uma grande descarga elétrica para se observar este efeito. Inicialmente, interpretou este resultado como se a eletricidade da máquina tivesse que saltar pelo ar, realizando grande esforço, para excitar o fluido nervoso interno do sapo (HEILBRON, 2001). No outono deste ano, Galvani realizou diferentes experimentos buscando mostrar a identidade entre o fluido elétrico e o fluido nervoso. Diante de características

semelhantes entre os dois fluidos, como a inconsistência e a instabilidade, Galvani defendeu que ambos eram da mesma natureza (HEILBRON, 2001).

Outro ponto do experimento lhe chamou a atenção: o ponto em que o bisturi deveria ser segurado para que houvesse contrações no sapo. Se ele ou um assistente segurassem no cabo feito de osso, este efeito não era observado. Só se observava o efeito quando o bisturi era segurado pela sua parte metálica. As reações elétricas em corpos de animais já eram conhecidas, mas este resultado levou Galvani a pensar se a eletricidade gerada por fenômenos atmosféricos faria o mesmo (MARTINS, 1999; BROWN, 2007; GEDDES e HOFF, 1971).

Galvani criou as condições para um novo experimento na varanda da sua própria casa (BROWN, 2007; MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). Ergueu um fio metálico que serviria como condutor e o isolou eletricamente do chão. Conectou sua extremidade em uma perna do corpo de um sapo preparado e, na outra extremidade deste animal, conectou mais um fio metálico que foi estendido até o chão. Quando havia formação de tempestades ele observava que as mesmas contorções ocorriam no corpo do sapo quando um raio caia perto de sua casa (BROWN, 2007; MARTINS, 1999; HEILBRON, 2001). A ocorrência deste fenômeno foi tão constante e intensa que mesmo sem um fio condutor acoplado ao músculo ou até mesmo se alguma pessoa segurasse os fios condutores quando caísse um relâmpago, o efeito se repetia (GEDDES e HOFF, 1971).

Galvani repetiu o experimento nas grades de ferro da sua casa, pendurando os sapos em seus ganchos de latão e sem acoplar nenhum fio condutor (MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). Observou, então, que contorções ocorriam mesmo sem nenhuma atividade elétrica na atmosfera, isto é, com o céu limpo. As contorções eram muito pequenas e ocorriam sem motivo aparente. Galvani não compreendeu a origem deste fenômeno apenas observando as contorções. Então, ele começou a pressionar os ganchos de latão na espinha do sapo, esperando estimular a contração dos músculos (MARTINS, 1999). Mesmo sem nenhuma atividade atmosférica observou novamente contrações. Inicialmente, acreditou que estes efeitos poderiam ser causados por pequenas mudanças que ocorriam na eletricidade atmosférica (GEDDES e HOFF, 1971). Isto o levou a repetir os experimentos em horas diferentes do dia, utilizando animais diferentes, mas revelando os mesmos resultados ao apertar o animal contra as grades de ferro de sua casa (GEDDES e HOFF, 1971).

Como todos estes resultados foram observados em céu aberto, Galvani decidiu reproduzir os experimentos em um ambiente fechado. Dentro de sua casa, colocou os animais sobre uma prancha de ferro e novamente pressionou os ganchos metálicos nos nervos da espinha, observando as mesmas contrações nos corpos (BROWN, 2007; MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). Galvani repetiu o procedimento com outros metais, em horas

diferentes do dia, juntando diferentes partes do corpo dos animais e obteve os mesmos resultados (HEILBRON, 2001). Ao utilizar diferentes metais notou que a intensidade das contrações dependia de quais metais utilizados (BROWN, 2007; MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). Prosseguiu utilizando materiais que são considerados isolantes elétricos, como resina, vidro, pedra, madeira e outros materiais secos, não obtendo as mesmas contrações (BROWN, 2007; MARTINS, 1999).

A partir destes resultados, Galvani desenvolveu uma teoria sobre a existência de um fluido elétrico presente no corpo de animais. Esse fluido passaria pelos nervos, sendo o responsável pelas contrações musculares observadas (BROWN, 2007; BERNARDI, 1999; MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). Este *fluido neuroelétrico* seria gerado a partir do sangue cerebral e levado pelos nervos até os músculos, passando no núcleo destes, onde parte ficaria armazenada (BROWN, 2007). O fluido armazenado é o que estaria sendo liberado pelo toque dos metais e, portanto, gerando as contorções nos animais. Desta forma, Galvani comparou os seres vivos à Garrafa de Leyden por armazenarem um tipo de fluido elétrico que poderia ser liberado a partir da ligação de metais condutores (HEILBRON, 2001; GEDDES e HOFF, 1971).

A reação aos experimentos de Galvani foi imediata e alcançou diversos pontos da Itália. Em diversas universidades, onde houvesse disponíveis sapos e rãs, cientistas maravilhados repetiam os experimentos, observando os mesmos resultados (BERNARDI, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). E será na própria Universidade de Bologna onde as primeiras discussões serão geradas (BERNARDI, 1999).

Ao contrário do que aparece em alguns textos históricos, a controvérsia sobre a eletricidade animal não começou em Pavia, com a intervenção de Volta, mas em Bologna. Os primeiros a questionar as novas teorias de Galvani foram os defensores do hallerianismo. (BERNARDI, 1999). De acordo com esta teoria, as contrações musculares não estariam sendo geradas por um fluido interno ao animal, mas pela *irritabilidade* dos músculos, estimulada por uma atividade elétrica. Entretanto, Galvani mostrava que era possível gerar contrações apenas ligando diferentes metais em certos pontos dos corpos preparados, sem, aparentemente, nenhuma atividade elétrica externa (MARTINS, 1999; Bernandi, 1999).

Em janeiro de 1792, o sobrinho de Luigi Galvani, Giovanni Aldini (1762-1834) realizou uma cerimônia pública sobre anatomia no Archiginnasio de Bologna (BERNARDI, 1999). Nesta ocasião suas críticas foram voltadas contra Tarsizio Riviera Folesani (1758–1801), um anatomista halleriano da Universidade de Bologna (BERNARDI, 1999). Galvani também construiu nesse momento argumentos contra os hallerianos ao analisar a anatomia de peixes elétricos. Sua habilidade em dissecar animais o auxiliou a apontar as estruturas de nervos e

músculos também presentes em peixes como o torpedo e a enguia (BROWN, 2007). Estas demonstrações públicas não foram realizadas somente por Aldini. Alguns dos novos defensores do galvanismo, como o médico Eusébio Valli (1755-1816) também realizavam demonstrações públicas e publicava em diversas cidades, como Turin, Paris e Londres (BERNARDI, 1999).

É importante destacarmos que as experiências e teorias de Galvani levantaram questões sobre a natureza deste fluido neuroelétrico. Sua natureza seria, necessariamente, elétrica? Como demonstrar que este fluido origina-se dentro do animal ou é recebido de fora? Seria este idêntico ao fluido nervoso ou apenas um estímulo para este (MARTINS, 1999)? Estas questões estariam no núcleo das discussões entre galvanistas e hallerianos, mas também com uma nova interpretação dada por Alessandro Volta.

Alessandro Volta nasceu em Como, na Itália, e era o filho mais novo em uma família ativa na religião católica. Seu pai morreu quando ele tinha apenas sete anos e ele começou a viver junto dos seus tios (HEILBRON, 2007). Estudou em um colégio jesuíta onde reconheceram suas capacidades intelectuais rapidamente. Quando um professor de filosofia tentou recrutá-lo a trabalhar com ele, seu tio o impediu e o tirou da escola (HEILBRON, 2007). O desejo de sua família era que o filho mais novo se tornasse um advogado, uma posição de prestígio e reconhecimento na sociedade. Entretanto, a vontade de Volta era trabalhar com eletricidade e, no início, demonstrou interesse na atividade elétrica atmosférica e em meteorologia (HEILBRON, 2007).

As primeiras pesquisas científicas de Volta foram na área da meteorologia e pneumática, área na qual Joseph Priestley (1733-1804) era um exemplo para ele. Inspirado pelos trabalhos de Priestley e Benjamin Franklin sobre fontes naturais de ar inflamável, Volta viajou pelo país procurando por estas fontes (HEILBRON, 2001). Encontrou em um lago a emissão do gás que viria a ser chamado de metano. Ao passar uma corrente elétrica em uma mistura deste gás com ar ele gerou uma explosão, abrindo caminhos para uma nova aplicação da eletricidade (HEILBRON, 2001). Os conhecimentos de Volta e Priestley sobre pneumática e eletricidade também foram incorporados em um aparelho chamado de eudiômetro, cuja função era medir a qualidade do ar (HEILBRON, 2001).

Em 1774, Volta se torna professor de Física da Universidade de Como e se destacou pelas suas habilidades experimentais e em aperfeiçoar e desenvolver aparelhos para medir grandezas elétricas (HEILBRON, 2001). Duas grandes contribuições estão no aperfeiçoamento do eletróforo, em 1775, um aparelho formado por dois discos isolados eletricamente e que poderia ser carregado como um capacitor pelo processo de indução; e no desenvolvimento do condensador, em 1782, que possibilitava um acúmulo de carga a partir de uma baixa tensão

para que esta pudesse ser medida (MARTINS, 1999; HEILBRON, 2001). Em 1779, Volta foi nomeado professor de Física da Universidade de Pavia, também na Itália. Diante do destaque dos seus trabalhos em meteorologia, pneumática e eletroestática Volta foi indicado a membro da Royal Society em 1791 (HEILBRON, 2007).

Após assistir a uma apresentação de Eusébio Valli em 1792, Volta se interessou pela questão do fluido neuroelétrico, no início apresentando suspeita e dúvida sobre estas novas teorias (HEILBRON, 2007). Ao repetir as experiências e obter os mesmos resultados de Valli e Galvani, Volta tornou-se mais um defensor da eletricidade animal (HEILBRON, 2007; BERNARDI, 1999). Confessou em seu primeiro trabalho sobre a questão, o *Memoria prima sull'elettricita animale* de 1792, que se converteu e mudou de incredulidade ao fanatismo (VOLTA, 1792, p. 26 apud. BERNARDI, 1999).

É importante destacarmos que Volta trabalhou com cientistas como Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) e Pierre Simon Laplace (1749-1827). Com este último, Volta compartilhava uma visão mecanicista, onde todos os fenômenos da natureza podem ser explicados a partir de forças de atração e/ou forças de repulsão entre partículas e fluidos (HEILBRONN, 2001). Coulomb em 1785, dentro desta concepção, desenvolve um experimento em que relacionou a força elétrica e as cargas elétricas. Este experimento foi considerado um apoio à visão mecanicista.

Os primeiros experimentos de Volta em resposta aos de Galvani envolveram a busca de características em comum entre a eletricidade natural e o fluido neuroelétrico (HEILBRON, 2001). Tentou observar se uma tinha efeito sobre a outra, acreditando que as duas poderiam se somar ou subtrair. O próprio Galvani já havia reconhecido uma aparente diferença entre os dois fluidos, que seria resultado da preparação do corpo do animal e seu efeito sobre o fluido neuroelétrico (HEILBRON, 2001).

Nessas experiências Volta se questionou sobre qual o motivo pelo qual as contrações eram mais fortes com a utilização de dois metais diferentes (MARTINS, 1999). Se o metal era um condutor que possibilitava a liberação do fluido contido no animal, por que a necessidade de dois tipos distintos? A partir destes estudos, Volta publicou em 1792 um artigo onde traz uma nova interpretação ao motivo das contorções nos corpos dos animais: existiria um princípio ativo liberado pelo contato metálico que estaria gerando a atividade elétrica (HEILBRON, 2001 e 2007). Em uma das experiências contidas neste artigo, Volta demonstrou as mesmas contorções ao se fechar um circuito apenas nervo com nervo, sem nenhum contato com o músculo do animal, onde, supostamente o fluido neuroelétrico estaria armazenado (GEDDES e HOFF, 1971).

Alguns pontos deste trabalho foram imediatamente apoiados pelos hallerianos, buscando uma espécie de aliança contra o galvanismo. Volta chegou a descrever neste trabalho que não observou reações elétricas no coração de animais, mesmo ao conectá-lo ao arco elétrico (HEILBRON, 2001). Os hallerianos utilizaram isto como um exemplo que suportaria que as suas teorias eram válidas mesmo após os experimentos de Galvani (BERNARDI, 1999). Tanto o coração, um órgão com grande *irritabilidade* (frente às constantes pulsações), quanto animais sem sistema nervoso, como moluscos, não reagem aos estímulos elétricos. Desta forma, a *irritabilidade* seria o princípio mais provável (BERNARDI, 1999). Diversos pesquisadores de universidades em Turin, Pavia e Florença criticaram este resultado de Volta, afirmando que o coração de um sapo se movia constantemente sendo colocado entre dois metais (BERNARDI, 1999). É interessante destacarmos que os hallerianos não se interessavam pela crítica de Volta ao galvanismo. Para eles, as contrações eram resultado do estímulo à *irritabilidade* dos músculos, não importando a origem da eletricidade (HEILBRON, 1999).

Muitos pesquisadores ficaram divididos entre a sua nova teoria e o galvanismo (HEILBRON, 1999). Isto não quer dizer que a divisão foi exclusivamente de médicos e anatomistas apoiando Galvani e físicos apoiando Volta. Inclusive, alguns mudaram de lado mais de uma vez e outros deixaram o hallerianismo de lado diante dos numerosos e variados experimentos que apontavam um substituto a esta teoria (HEILBRON, 1999).

Mesmo ainda contando com o apoio da comunidade científica, Galvani ficou abalado após a publicação da nova teoria de Volta. O motivo não foi somente a crítica ao fluido neuroelétrico, mas também pela perda de sua esposa e pelo momento em que a Itália passava diante do nascimento do império Napoleônico (BROWN, 2007; GEDDES e HOFF, 1971). Apesar destas dificuldades, Galvani acredita no fluido neuroelétrico e idealiza um novo experimento.

Em 1793, Galvani conectou somente um nervo a um músculo de uma rã, sem a utilização de nenhum metal, resultando novamente em uma contração (GEDDES e HOFF, 1971). A realização deste experimento foi descrita e publicada pelo seu sobrinho Giovanni Aldini (GEDDES e HOFF, 1971) e, provavelmente, teve a participação de Eusébio Valli (MARTINS, 1999). A reação da comunidade científica a esta nova publicação foi suficiente para que alguns dos que apoiavam as teorias de Volta retornassem ao lado de Galvani (BERNARDI, 1999). Atualmente experiências apontam que tecidos danificados de animais apresentam uma diferença de potencial elétrico com tecidos normais. Esta diferença pode chegar a 50mV, o que, diante da sensibilidade do corpo da rã frente à correntes elétricas, podia gerar contrações visíveis (GEDDES e HOFF, 1971).

Este experimento parecia ser decisivo contra Volta, mas ele apresentou uma réplica simples para este novo efeito. Volta sugeriu que qualquer sequência de condutores, metálicos ou não, poderia gerar efeitos elétricos. Cada substância apresentaria uma *afinidade* ou *atração* específica para a eletricidade, o que seria facilitado pelo meio húmido em que se encontravam (MARTINS, 1999). Desta forma, ele buscou combinar diversos materiais distintos, tentando encontrar uma geração de tensão elétrica entre diferentes pares, mas ainda utilizando as rãs como detectores (MARTINS, 1999). Seu problema foi que nenhum eletroscópio apresentava qualquer efeito quando conectado aos metais ou à rã. Volta suspeitava que a tensão gerada pelos metais era muito pequena. Como ele já havia trabalhado com pequenas tensões, Volta voltou-se ao condensador para intensificar a tensão para esta ser medida pelo eletroscópio (MARTINS, 1999).

Utilizando um eletroscópio em conjunto com um condensador Volta conseguiu, em 1796, medir uma pequena tensão em um par metálico (MARTINS, 1999). A sua primeira tentativa de produzir uma maior tensão foi ao empilhar moedas de dois metais distintos, mas esta falhou (GEDDES e HOFF, 1971). Alguns estudos apontam que neste ano Volta já tinha o conhecimento necessário para construir a pilha, mas fatores externos atrasaram esta criação: seu casamento em 1794 lhe trouxe uma grande família (três filhos entre 1795 e 1798) e entre 1796 e 1800 a invasão francesa na Itália distraiu muitos dos compatriotas de Volta (HEILBRON, 2007).

Será em 1800, que Volta enviará uma publicação ao presidente da Royal Society sobre seu novo invento. Nesta publicação ele descreveu sua tentativa bem sucedida de construir um aparelho que produzia eletricidade artificial a partir da reação entre dois metais distintos: a pilha voltaica (HEILBRON, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). A descrição orientava o leitor a construir a pilha selecionando, primeiro, uma série de pares metais diferentes, como cobre e latão, ou, para um efeito maior, prata e zinco. Em conjunto com cada par metálico deveria ser acrescentado um pedaço de papelão embebido em água, lixívia ou água com sal. A combinação de par metálico com o papelão deveria ser repetida (Prata-Zinco-Papelão-Prata), sempre na mesma ordem, um número de vezes que dependia da tensão objetivada (GEDDES e HOFF, 1971). Ao conectar dois fios condutores nas extremidades da pilha de metais com papelão, o efeito seria uma descarga elétrica artificial, semelhante às descargas de peixes elétricos.

Volta reconheceu que a tensão da pilha é menor que uma Garrafa de Leyden bastante carregada, não apresentando a mesma capacidade de descarga elétrica e faíscas intensas. Entretanto, seu invento não precisava ser carregado e descarregava um fluido elétrico sempre que apropriadamente tocado (GEDDES e HOFF, 1999). Volta compara sua pilha às estruturas internas de nervos e músculos dos peixes elétricos como uma crítica direta aos galvanistas

(GEDDES e HOFF, 1999). Além do empilhamento, nesta publicação Volta também apresentou a ideia de uma sequência de recipientes conectados por fios metálicos e contendo metais imersos em líquidos salinos. Esta seria uma versão “horizontal” da pilha, que ele chamou de “crown of cups” (MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971).

Na construção e análise da pilha, Volta reconheceu a importância dos líquidos salinos. O empilhamento somente com pares metálicos funcionava com a mesma intensidade de um único par, não importando o número de pares colocados (MARTINS, 1999). Ele também notou que a capacidade da pilha enfraquecia com a evaporação dos líquidos internos (GEDDES e HOFF, 1971). Entretanto, estas observações irão fazer Volta acreditar que a única função dos líquidos era conduzir o fluido elétrico (MARTINS, 1999).

Entretanto, o resultado final da pilha não foi visto por Galvani, que havia falecido em 1798. Seus últimos anos foram difíceis frente à invasão francesa na Itália. Galvani era um homem do antigo regime e era contrário às ideias revolucionárias republicanas (BERNARDI, 1999; BROWN, 2007). Recusa-se a fazer o juramento à República Cisalpina de Napoleão por acreditar que estava indo contra a religião católica. Isto lhe custará a sua cadeira na Universidade de Bologna, tornado seus últimos anos de vida angustiantes e miseráveis (BROWN, 2007). Seu sobrinho Aldini tomou a frente das pesquisas do tio, o que fez com que muitos galvanistas o considerassem o líder dos defensores destas teorias (BERNARDI, 1999).

A pilha foi um grande avanço às teorias de Volta, mas não foi uma prova conclusiva contra os galvanistas. O seu efeito elétrico era normalmente experimentado por uma pessoa ao tocar nas suas extremidades e sentir uma descarga elétrica (MARTINS, 1999). Isto ainda era pisar no terreno dos galvanistas que defendiam que a pilha deveria estar liberando o fluido neuroelétrico na própria pessoa. Para tirar qualquer ser vivo da demonstração do efeito elétrico da pilha, Volta utilizou novamente o eletroscópio que havia aperfeiçoado ao utilizar pequenos pedaços de palha para medir o desvio (HEILBRON, 2001). Entretanto, conectando somente o eletroscópio na pilha ele não observou nenhum afastamento entre os pedaços de palha. Os sapos eram detectores muito sensíveis, por isso, para medir a tensão da pilha, Volta decidiu utilizar o condensador em conjunto com o eletroscópio (MARTINS, 1999). Utilizando pilhas maiores e com o condensador, conectado ao eletroscópio, Volta conseguiu observar um leve afastamento entre os pedaços de palha (MARTINS, 1999). Como seus aparelhos eram complexos e poucos entendiam seu funcionamento, estas medidas também não foram vistas como comprovações da sua teoria (MARTINS, 1999).

Mesmo diante das dificuldades enfrentadas por Volta para comprovar suas teorias, o efeito da pilha foi surpreendente. Ele começou a realizar demonstrações de descargas elétricas utilizando a pilha em casas de amigos e em laboratórios de cientistas renomados (HEILBRON,

2001). Em quatro apresentações, nas quais membros da Academia de Paris participavam, o próprio Napoleão também esteve presente. Diante dos resultados de Volta, Napoleão lhe condecorou com uma medalha de ouro (HEILBRON, 2001). Ao contrário de Galvani, Volta fez o juramento à República Cisalpina de Napoleão e, por causa disso, foi nomeado conde e senador da Itália (BERNARDI, 1999).

Apesar do sucesso de Volta ao construir a pilha, alguns defensores das teorias de Galvani ainda realizavam demonstrações públicas de experimentos envolvendo animais na tentativa de demonstrar suas estas teorias ao público (MORUS, 1988). Aldini foi um dos que realizou muitos experimentos públicos. Dentre as diversas cidades por onde passou, em 1802 Aldini esteve em Londres, aproveitando o Tratado de Amiens entre o Reino Unido e a França para atravessar o canal em seu tour pela Europa (MORUS, 1988). Nestas demonstrações públicas, Aldini realizou experiências com diversos animais diferentes, não somente sapos e rãs, na tentativa de demonstrar o alcance da teoria do seu tio. Utilizou de cadáveres de COELHOs, cachorros e até cabeças de gado para realizar as contrações (MORUS, 1988). Em alguns dos animais, Aldini ligou somente músculos aos nervos, sem utilizar metais, apontando suas críticas aos que defendiam a eletricidade artificial de Volta (MORUS, 1988).

Aldini realizou demonstrações para a Royal Society, causando espanto e admiração (MORUS, 1988). Em 1803, acrescentou cadáveres humanos aos experimentos e os efeitos foram ainda mais impressionantes (MORUS, 1988). Nestas experiências ele utilizou os metais, inclusive uma própria pilha de Volta, para conectar partes do corpo humano. Para Aldini a junção de metais somente facilitaria a liberação do fluido neuroelétrico interior aos cadáveres (MORUS, 1988). As conexões com metais e partes da face resultaram em contorções e expressões horríveis no rosto do cadáver. No corpo, mãos se abriam e fechavam e ligações entre a cabeça e o ânus geravam contorções no corpo inteiro (MORUS, 1988).

Diante da intensidade destas demonstrações, as experiências com cadáveres humanos tornaram-se sensação pelas cidades (MORUS, 1988). Entretanto, elas não se tornaram comuns, pois não eram abertamente anunciadas e divulgadas. A liberação do uso de cadáveres por instituições médicas não era comum e os corpos eram sempre de criminosos julgados e executados (MORUS, 1988). Apesar da repercussão da pilha voltaica, este tipo de experiência continuou a ser realizado em algumas cidades até quinze anos depois (1818) (MORUS, 1988).

Galvani já havia sugerido uma relação entre a eletricidade, representada pelo fluido neuroelétrico, e a própria vida (MORUS, 1988). A partir destas experiências, seu sobrinho Aldini e outros que ainda apoiavam o galvanismo retomam esta suposição (MORUS, 1988). Alguns pensadores, como Eliza Sharples (1805-1861) acreditavam que o cérebro seria o órgão

comandante e o sistema nervoso o principal sistema, utilizado para controlar o corpo. Desta forma, se a eletricidade fosse a fonte da vida, não haveria sentido em acreditarmos em alma, pois um copo sem eletricidade seria um corpo morto e nada mais (MORUS, 1988).

Será nesta época que Mary Shelley (1797-1851), ainda jovem, assistiu a uma demonstração pública de experimentos com cadáveres de animais e humanos (SHELLEY, 1999). A concepção da eletricidade como fonte da vida irá lhe inspirar a produzir sua obra prima literária: *Frankenstein*. Nesta obra, um cientista chamado Victor Frankenstein estuda a possibilidade de reviver um cadáver humano aplicando neste uma intensa descarga elétrica que, supostamente, alimentaria o corpo com fluido neuroelétrico e o traria à vida. Isto resulta na sua criação: um corpo composto de partes costuradas de diversos cadáveres que é trazido de volta à vida. A rejeição do cientista à sua própria obra, vista como uma aberração, e a busca desta pela sua identidade tornaram a obra de Mary Shelley um clássico da literatura e da ficção científica.

Além de alimentarem discussões teóricas e obras literárias, as associações entre eletricidade e vida também geraram ideias práticas. Alguns empreendedores chegaram a pensar na utilização da eletricidade em operários de fábricas para gerar uma maior produção de trabalho (MORUS, 1988).

É importante destacarmos que no início do século XIX estas associações alimentam especulações sobre uma possível ligação entre as forças da eletricidade, calor, luz, magnetismo e a força vital (MORUS, 1988). Será imerso neste cenário, onde pensadores discutem as ligações entre diferentes fenômenos naturais, que Julius Robert Mayer irá obter inspiração para a construção do seu novo conceito de *força*. Lembramos que esta discussão foi realizada com a primeira NH e que é importante articularmos as duas cronologicamente.

Aspectos da Natureza da Ciência (Eletricidade e Força Vital: a controvérsia Galvani x Volta)

Acreditamos que a controvérsia entre Galvani e Volta possibilite o levantamento de discussões sobre a natureza da produção científica em aulas de ciências. A partir dos estudos de MCCOMAS (2008) e OSBORNE et al. (2001) apresentamos três aspectos da NdC que buscamos trabalhar com esta NH. Os três aspectos a seguir já foram levantados pelas discussões realizadas a partir das primeiras NH. Desta forma, este episódio histórico será utilizado como mais um exemplo para trazer à sala de aula discussões que possam auxiliar na construção de uma visão mais coerente da NdC (ALLCHIN, 2002).

1 – Ciência depende de evidências empíricas – A análise histórica nos mostra que os estudos sobre eletricidade nos séculos XVII e XVIII dependiam da experimentação e do desenvolvimento de aparatos que conseguissem gerar e medir grandezas elétricas.

Reconhecemos a importância dos primeiros experimentos de Galvani para fundamentar a sua teoria do fluido neuroelétrico, na tentativa de se estabelecer como teoria vigente no lugar das ideias hallerianas. A nova teoria de Alessandro Volta será construída a partir de um questionamento à interpretação destas experiências por Galvani. Entretanto, para ter força suficiente contra o galvanismo, Volta teve que fundamentar sua crença na ação entre os metais com artifícios experimentais: retirar os animais das experiências, utilizar e desenvolver melhores aparelhos para medir a tensão entre pares de metais diferentes, construir a pilha e demonstrar seus efeitos elétricos (HEILBRON, 2007; BERNARDI, 1999; MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971).

É importante destacarmos as ações dos galvanistas frente às críticas de Volta. O terceiro experimento de Galvani, conectando nervos e músculos sem a utilização dos metais, foi uma forte evidência a favor do fluido neuroelétrico. Apesar da explicação de Volta, muitos cientistas tornaram-se apoiadores do galvanismo após a publicação desta experiência (MARTINS, 1999; GEDDES e HOFF, 1971). Além disso, as impressionantes demonstrações públicas de Aldini, Valli e outros deram força às teorias de Galvani, estendendo a controvérsia por mais de quinze anos (MORUS, 1988).

2 – *Aspectos culturais, sociais e políticos influenciam a ciência* – Acreditamos que o maior potencial para trazer este aspecto às discussões está na controvérsia entre Galvani e Volta e os cientistas que apoiavam suas ideias. Apesar da importância de Galvani e Volta, outros cientistas, como Giovanni Aldini e Eusébio Valli foram importantes apoiadores nas discussões sobre a eletricidade animal. Vale destacar a importância das demonstrações públicas, realizadas por estes dois cientistas, como apoio às ideias de Galvani.

Outro ponto menos impactante, mas que merece destaque é o momento histórico em que passa a Itália com as invasões francesas. Os últimos anos de vida de Galvani foram prejudicados pela sua recusa de fazer o juramento à República Cisalpina, enquanto que Volta o realiza e recebe o reconhecimento e títulos políticos de Napoleão (HEILBRON, 2001 e 2007; BERNARDI, 1999).

3 – Ciência e Tecnologia não é a mesma coisa, mas geram impactos uma na outra – A reinterpretação às experiências de Galvani levou Volta a construir uma das invenções mais importantes do século XVIII: a pilha. A capacidade de gerar corrente elétrica contínua abriu portas a novas áreas da ciência e mudou o rumo do século XIX. Além disso, para demonstrar as grandezas elétricas associadas à junção de metais diferentes, Volta precisou desenvolver e aperfeiçoar aparelhos de medida. O eletroscópio com pedaços de palha e o condensador possibilitaram a medição da baixa tensão na primeira pilha (MARTINS, 1999).

Novamente encontramos a presença de dramaticidade no texto na descrição dos experimentos de Aldini. Foi importante no planejamento das atividades posteriores a esta NH a consciência que as outras duas NH utilizadas também contiveram elementos dramáticos. Desta forma, tornou-se essencial que as discussões em sala fossem voltadas a reduzir a influência do drama na construção de uma visão de ciência coerente.

- *Demasiada ênfase à contribuição de apenas um indivíduo* – Neste texto apresentamos as ideias de Galvani, apoiadas por Aldini, e criticadas por Volta. A própria controvérsia é um exemplo da interação entre cientistas e dos processos que configuram a disputa entre teorias rivais. Assim, nas aulas posteriores à NH o professor apresentou a contribuição de mais cientistas para o estudo da eletricidade, como Eusébio Valli e Benjamin Franklin, entre outros.

- *Disfarçar motivações não tão nobres assim* – De forma análoga à primeira NH de Mayer e Joule, a controvérsia entre Galvani e Volta representa uma disputa pela própria produção científica e pela primazia em suas contribuições para o conhecimento científico. Apesar de Aldini ser sobrinho de Galvani, sua motivação foi defender um trabalho no qual ele próprio se envolvia e acreditava. Por isso, acreditamos que não apresentamos motivações nobres em nenhum dos *Agentes*.

Aspectos literários (Eletricidade e Força Vital: a controvérsia Galvani x Volta)

(1) EVENTOS-MARCO

A maior parte da NH se passa em uma demonstração pública de Giovanni Aldini de experimentos sobre o efeito da eletricidade em corpos de animais. Colocamos Mary Shelley ainda jovem como a *Agente* principal que assiste uma destas apresentações, a qual irá inspirá-la para escrever *Frankenstein*. Por isso, no início do texto a apresentamos se preparando ansiosa para ir com seu pai à demonstração de Aldini. Após a demonstração, Mary e seu pai, William, conversam sobre o que testemunharam e sobre a relação entre eletricidade e vida.

A sequência de *Eventos-marco* segue: Mary está ansiosa no seu quarto → William vai buscar sua filha para saírem → Ambos saem de casa para o anfiteatro → Entram com outras pessoas e procuram lugares no anfiteatro → Aldini e assistentes entram no palco → Aldini fala com a plateia → Primeira experiência: utiliza rãs → Mary testemunha contrações no cadáver → Aldini explica as teorias galvanistas → Segunda experiência: utiliza cachorros e cabeças de bois → Terceira experiências: conecta uma pilha voltaica em um cadáver humano → Terminada a apresentação, Mary e William decidem andar para casa → Mary e William conversam sobre a relação entre eletricidade e vida.

(2) O NARRADOR

Novamente utilizamos um *Narrador* impessoal que não participa dos eventos. Sua função é descrever os acontecimentos e as ações dos *Agentes*, mas também as sensações e emoções relativas à demonstração de Aldini. Encontramos esta função em dois pontos: em “Mary rodeava seus aposentos mantendo um passo descontínuo enquanto tateava seus pertences com suas mãos ansiosas” (l. 1-2) e em “William assiste à sua filha, de apenas 18 anos, assustada e de pé” (l. 51-52).

O *Narrador* não apresenta função pedagógica explicando teorias científicas, como apresenta na segunda NH. Deixamos a encargo dos *Agentes*, como Aldini e William para descrever as teorias de Galvani e Volta.

(3) APETITE LITERÁRIO

Acreditamos que a escolha do cenário principal para apresentar este episódio histórico tem grande potencial em desenvolver um *Apetite literário* nos alunos. Para trazermos a atenção dos alunos à leitura, escolhemos passar esta NH em uma das demonstrações públicas de experimentos com a aplicação de eletricidade em cadáveres que ocorreram no início do séc. XIX. Esperamos que a utilização de animais, como rãs, cachorros e bois, e até humanos alimente a curiosidade dos alunos sobre este tipo de experimento e que explicações foram dadas a eles. Decidimos por descrever as contrações nos animais, mas principalmente, no cadáver do assassino, com o objetivo de surpreender o leitor e tentar aproximá-lo da reação da plateia, como ocorreu com Mary Shelley na vida real (SHELLEY, 1999).

No caso dos alunos conhecerem o livro *Frankenstein* e a sua autora Mary Shelley, é possível que esta NH seja mais interessante ao narrar os acontecimentos que alimentaram a construção dessa obra literária.

(4) TEMPO PASSADO

Os *Eventos-marco* desta NH são narrados em uma ordem cronológica linear. Reconhecemos as únicas mudanças no tempo quando há passagem de cenários: da casa de William e Mary para o anfiteatro, do anfiteatro para a rua. Reconhecemos uma passagem em “Mary pouco se lembrou do restante, encontrando-se no momento em que ela e o pai caminhavam de volta para casa” (l. 65-66).

(5) ESTRUTURA

A *Estrutura* principal da terceira NH é constituída desta forma: Mary e William se preparam em casa para sair → assistem a apresentação de Aldini → conversam andando para casa. Se separarmos a *Estrutura* em pequenas histórias interligadas (KLASSEN, 2009a), temos:

William consegue ingressos para a apresentação de Giovanni Aldini, *então, como resultado,* Mary está ansiosa, *então, como resultado*, William e a filha vão para o anfiteatro, *então, como resultado* sentam-se com outros espectadores, *então, como resultado* Aldini entra no palco, *então, como resultado*, Aldini fala com a plateia, *então, como resultado,* realiza a primeira experiência, *então, como resultado*, Aldini explica teorias de Luigi Galvani, *então, como resultado*, realiza a segunda experiência, *então, como resultado*, realiza a terceira experiência, *então, como resultado*, as contrações do corpo humano assustam Mary, *então, como resultado*, Mary e William andam para casa e conversam, *então, como resultado*, William explica as teorias de Alessandro Volta, *então, como resultado*, Mary sugere a aplicação de eletricidade para reviver uma pessoa.

(6) AGENTES

Apresentamos três *Agentes* principais nesta NH: Mary, William e Giovanni Aldini. Podemos considerar os criados de William e o restante da plateia como *Agentes* secundários, pois sofrem ações de William e de Aldini.

(7) PROPÓSITO e (8) O PAPEL DO LEITOR

Novamente, o *Propósito* está associado ao *Papel do leitor*, diante da função da NH de alimentar a curiosidade dos leitores e fazê-los levantar dúvidas em forma de questões. Para isto ser cumprido, o leitor deve reconhecer o gênero literário narrativo, interpretar e construir sentido, desenvolver uma vontade de querer saber o que irá acontecer em seguida, se engajar na história e desenvolver certa empatia (KLASSEN, 2009a; NORRIS et al., 2001)

(9) O EFEITO DO NÃO CONTADO

Os resultados das experiências são comentados pelo próprio Aldini, que utiliza as teorias de Galvani para explicar as contrações nos cadáveres. Além disso, as teorias de Volta são explicadas por William enquanto anda com sua filha para casa. Desta forma, muita informação é dada ao leitor ao apresentamos as duas teorias envolvidas na controvérsia entre Galvani e Volta. Consideramos que a principal parte do que *não é contado* está no debate que envolve as duas teorias, como William deixa claro em “Esta pilha deveria provar de uma vez por todas que este fluido elétrico não vem dos animais, mas sim dos metais, entretanto muitos ainda discordam do seu efeito” (l. 75-77). Além disso, a discordância entre as teorias gera uma incerteza, de forma que acreditamos que o leitor se questione sobre o real motivo das contrações nos animais e construa questões do tipo “O que é”, “Como”, “Qual” e “Porque”.

(10) IRONIA

Nesta NH não utilizamos este aspecto literário.

Capítulo VI – Análise dos Resultados

A análise dos resultados será apresentada sob duas dimensões. Em primeiro lugar, analisaremos as etapas das atividades, iniciadas no segundo bimestre, que envolveram e foram inspiradas por cada uma das três NH apresentadas aos alunos. Seguiremos apresentando uma visão geral das análises da aplicação do projeto, levando em conta todas as reflexões anteriores, buscando responder nossa pergunta de pesquisa. Acreditamos ser importante destacar que o professor responsável pela aplicação da nossa proposta pedagógica tinha apenas dois anos de experiência em sala de aula e nenhuma experiência prática com um ensino histórico-filosófico de ciências. Isto foi um fator fundamental na aplicação das atividades e, logo, será na análise dos resultados.

VI.1 Categorias para a análise

Como destacado na metodologia, o professor seguiu o conteúdo do livro didático na ordem por este proposta. Ao começar a trabalhar com o primeiro tema selecionado nesta proposta, *Calor*, o professor apresentou a primeira NH e iniciou as atividades inspiradas por esta. Nesse ponto, começamos a analisar as atividades realizadas a partir da primeira NH. Entretanto, para este fim foi necessária a construção de categorias de análise. Estas têm como objetivo gerar reflexões sobre a eficácia da utilização de NH em um projeto pedagógico, a partir de alguns aspectos que o constituíram e das dificuldades e riscos enfrentados durante o processo. As categorias construídas foram:

1 – Aspectos da Natureza da Ciência: Esta categoria servirá para analisar as concepções dos alunos sobre o empreendimento científico presentes nos dados colhidos na pesquisa. Os dados colhidos na aplicação da proposta serão analisados à luz desta categoria com o objetivo de levantar: as concepções ingênuas dos alunos sobre ciência presentes nas falas e textos deles, respostas que apresentem simples repetição do dito em sala e a manifestação de posições mais adequadas sobre ciência. Destacamos que não contamos com um estudo sobre as visões de ciência destes alunos antes do desenvolvimento do trabalho com as narrativas. Este levantamento não foi realizado, pois nosso propósito não era avaliar se ocorreram modificações nas visões de ciência dos alunos. O objetivo foi verificar se o uso das NH potencializaria o trabalho com a história e filosofia da ciência nas aulas de Física do 9° ano, possibilitando ao professor trazer à sala de aula discussões pertinentes sobre o processo de construção da ciência.

Para organizar e aprimorar a análise, dividimos esta categoria em subcategorias. As cinco primeiras subcategorias representam aspectos da NdC que foram selecionados a partir dos trabalhos de MCCOMAS (2008) e OSBORNE et al. (2001), como destacado anteriormente. A sexta subcategoria, baseada nos trabalhos de ALLCHIN (2004), busca manifestações que

apontem a uma visão da ciência dos alunos em discordância com a aceita por especialistas, que pode ter sido construída a partir de influências da abordagem histórico-filosófica desenvolvida.

1a – *Evidências empíricas*: “Ciência depende de evidências empíricas”.

1b – *Criatividade: “*Ciência utiliza de elementos criativos”.

1c – *Componentes subjetivos: “*Ciência é influenciada por componentes subjetivos”.

1d – *Aspectos CSP*: “Aspectos culturais, sociais e políticos influenciam a ciência”.

1e – *Relações C&T:* “Ciência e Tecnologia não é a mesma coisa, mas geram impactos uma na outra”.

1f – *Pseudociência*: Nesta categoria acrescentaremos trechos de respostas dos alunos que configurem uma visão ingênua da NdC. Entretanto, seu propósito está em identificar se estas visões foram construídas ou reforçadas pelas atividades inspiradas pelas NHs, que tenham contribuído à construção de uma *pseudo-história*, logo, de uma visão de *pseudociência* (ALLCHIN, 2004). Nessa subcategoria estaremos atentos a aspectos destacados por MATTHEWS (1998), como a visão de uma ciência linear e infalível e da figura do cientista como gênio isolado. Além disso, somamos à análise mais três aspectos destacados por ALLCHIN (2004): *demasiada ênfase à contribuição de apenas um indivíduo, disfarçar motivações não tão nobres assim* e *esconder efeitos pessoais e culturais na produção daquele conhecimento científico*.

2 – *Romantização*: A segunda categoria visa analisar os impactos da utilização de textos literários (NH) no ensino de ciências. De um lado analisamos se houve boa recepção dos alunos com os personagens das NH e empatia com suas histórias, se houve um sentimento de admiração aos personagens e se esta ligação emocional auxiliou na compreensão do conteúdo científico, isto é, se os alunos apresentaram um *romantic understanding* do conteúdo científico (HADZIGEORGIOU et al, 2011). Entretanto, também buscamos indícios de uma *dramatização* exagerada que tenha auxiliado numa possível construção de uma visão dramática de ciência, aproximando-se de uma *pseudociência*. Desta forma, esperamos que haja uma articulação entre esta e a subcategoria 1f.

3 – *Conteúdo*: Nosso objetivo com esta categoria é analisar a compreensão dos alunos sobre o conteúdo das aulas de ciências promovido pelas atividades da propostas. Analisaremos as questões que envolvam o conteúdo presente no livro didático, além dos conhecimentos acrescentados pela abordagem histórico-filosófica. Dessa forma, visamos avaliar a eficácia deste projeto histórico-filosófico para o ensino de ciências em promover uma compreensão

adequada do conceito de energia. Como exemplo, buscaremos nas manifestações dos estudantes as principais características desse conceito, como conservação e transformação, além de conteúdos específicos de cada episódio histórico, como a impossibilidade de construção de um moto-contínuo, que foi trabalhada na primeira NH.

VI.2 As atividades inspiradas pela 1ª NH – As forças de Mayer

A análise deste projeto será realizada com os dados levantados pelas atividades que envolveram as NH em conjunto com as impressões do professor. Vale destacar que a escola em que o projeto foi desenvolvido não permitiu ao professor registrar as aulas em áudio e vídeo, assim, as impressões do professor são realizadas a partir das anotações do diário por ele construído após as aulas. As etapas I, IV, VI e VII, etapas de *aula*, foram as responsáveis pelo levantamento desses dados.

Na etapa I, a NH foi entregue aos alunos e eles foram orientados a ler e levantar três questões relacionadas a dúvidas e/ou curiosidades em relação ao texto. O professor decidiu que a leitura seria individual e em silêncio. A leitura da 1ª narrativa pelos alunos em sala apresentou dois problemas. Na turma 3, o professor encontrou dificuldade me manter a atenção de todos no texto. Na turma 2, apesar do silêncio, nem todos entregaram as questões, o que evidencia que nem todos leram a narrativa. Após os vinte minutos estipulados, o professor recolheu 78 questões da turma 1, 42 da turma 2 e 74 da turma 3, totalizando 194 questões. Isso equivale ao registro de 26 do total de 29 alunos da turma 1, 14 de 28 da turma 2 e 25 de 29 da turma 3. As questões foram recolhidas e levadas para serem categorizadas, como destacamos no capítulo anterior. A partir desta categorização geramos algumas reflexões.

Das perguntas entregues pelos alunos, algumas eram muito vagas, como "*O que ele fez?*", ou já estavam respondidas no texto, como "*Porque ele tentou se matar?*", ou não apresentavam relação com o tema em discussão, como "*Mayer era bem sucedido?*". Para cada turma encontramos um percentual deste tipo de questões: 21,6% na turma 1, 16,3% na turma 2 e 37% na turma 3. Essas questões foram descartadas para a construção do questionário na etapa seguinte. Desta forma, a categorização foi realizada sobre 61 questões da turma 1, 35 da turma 2 e 46 da turma 3, totalizando 142 questões. A partir destes números e levando em consideração o comportamento das turmas ao ler a NH, reconhecemos que a pouca atenção dos alunos na leitura parece ter influenciado o levantamento de questões. Entretanto, acreditamos que o número de alunos que levantaram questões (65 do total de 86) e de questões utilizadas das turmas 1 (78,4%) e 2 (83,7%) sejam significativos para afirmarmos que a maior parte dos alunos envolvidos apresentou interesse e atenção à NH.

As questões foram divididas nos seguintes grupos: aspectos pessoais (questões que relacionavam à biografia de Mayer e de Joule), teorias e conceitos (questões relacionadas ao conteúdo histórico ou científico tratado), condições de trabalho (como os cientistas destacados trabalharam, desenvolveram suas teorias e experimentos), sobre o narrador (relacionadas às características do narrador, propriamente ditas), gerais da narrativa (questões que não se enquadravam em nenhum dos outros grupos).

Nas turmas 1 e 3, encontramos a maioria das questões relacionadas ao grupo *Aspectos Pessoais* (23 e 24 questões, 44% e 52% do total, respectivamente). Enquanto que, na turma 2, este aspecto apresentou 9 questões, o que constituiu apenas 25% das suas perguntas. No total, este grupo recebeu 54 questões, 37,7% do total. Dentre essas questões, 18 (34%) estavam relacionadas à tentativa de suicídio e à internação de Mayer no sanatório. Além disso, 6 (11%) estiveram associadas à perda dos seus filhos. Reconhecemos nestes números uma aproximação dos alunos, principalmente das turmas 1 e 3, com o personagem Robert Mayer. Enxergamos isto na angústia por eles apresentada, relacionada tanto ao sofrimento do cientista após a rejeição dos seus trabalhos, quanto à perda dos seus três filhos. Isto nos aponta para uma empatia com a história e com seus *Agentes*, indicando um efeito de *Romantização*.

Ainda neste grupo, 17 (32,4%) questões levantaram dúvidas gerais sobre a vida pessoal de Mayer, como quando e onde ele nasceu, qual era sua religião, porque ele se tornou médico e onde ele morreu. Um exemplo está em "*A qual dos fatores Mayer dava mais importância, à religião ou a ciência?*". Outras 11 (20,2%) perguntas foram relacionadas ao trabalho de Mayer com seu conceito de *força* (alguns chamando de energia) e ao futuro reconhecimento do seu trabalho. Uma questão que ilustra isso é "*Mayer conseguiu alcançar seu objetivo que ele conta para seu amigo?*". Destacamos que este objetivo era o de determinar o coeficiente de conversão entre movimento e calor.

Apesar do potencial de uma excessiva dramatização ilustrada pelos 34% de questões sobre a tentativa de suicídio e internação, reconhecemos que os 52,6% de questões sobre a vida e produção científicas de Mayer indique que os alunos não ficaram presos às questões dramáticas do texto.

Em contrapartida às turmas 1 e 3, a turma 2 apresentou maior interesse nos aspectos *Teorias e Conceitos*, onde 61% das perguntas levantadas pela turma estavam relacionadas a esse tópico. Na turma 1, também encontramos destaque a esses aspectos, com 26 questões, 43% do seu total. Apesar da menor incidência de perguntas proveniente da turma 3, com 9 questões (20% do seu total), os aspectos *Teorias e Conceitos* apareceram com o maior número de questões, apresentando 56 questões (39,8% do total). O maior número de ocorrência dentre estas questões, 21 (37,5%), apresentou dúvidas sobre o conceito de *força* de

Mayer. Encontramos nestas questões dúvidas sobre como Mayer imaginou estas *forças*, se elas poderiam ser criadas, destruídas e quais seriam os tipos de *forças* que existem. Um exemplo de questão que apareceu duas vezes é "*Quais são as forças que 'moldam' o nosso universo?*". Outras 15 questões (26,7%) trouxeram dúvidas sobre as relações entre *força* e energia e qual das teorias se aproximaria mais do conceito de energia, a de Mayer ou a de Joule. Apesar do professor ainda não ter trabalhado as diferenças entre os trabalhos dos dois cientistas, é interessante encontrarmos questões em que o aluno reconhece uma multiplicidade de teorias em discussão. Um bom exemplo de questões deste caráter está em "*Qual era a teoria mais correta quanto à transformação de energia, a de Mayer ou a de Joule?*" ou na questão levantada por três alunos "*Qual é a relação entre as forças de Mayer e a criação do conceito de energia?*".

Ainda no grupo *Teorias e Conceitos*, 13 questões (23,2%) apresentavam dúvidas sobre a importância do calor nas teorias de Mayer, sua presença em máquinas térmicas, a impossibilidade de um moto contínuo e sobre o que é um coeficiente de conversão entre movimento e calor. Questões sobre o que é o coeficiente de conversão, levantadas por seis alunos, foram importantes ao planejamento das atividades seguintes, pois este era um dos principais conteúdos a ser trabalhado. Outro tema destacado em 5 questões (8%) foi a relação entre o clima e a diferença de coloração no sangue. Este questionamento foi utilizado no planejamento da apresentação da aula seguinte e reforçou nossa interpretação de que houve interesse não somente nas questões pessoais dos personagens, mas também no conteúdo científico trazido pela NH. Podemos reconhecer que as dúvidas levantadas pelos alunos estiveram relacionadas ao *Conteúdo* (categoria 3) proposto pelo livro didático a ser trabalhado no tema *Calor*, o que alimentou as atividades seguintes e nos inspirou a continuar trabalhando com as NH.

Os outros três grupos obtiveram números aproximados de questões. *Condições de trabalho* continha 10 questões (7% do total), *Sobre o Narrador* continha 14 questões (10%) e *Gerais da Narrativa* continha 15 questões (10,5%). No grupo *Condições de trabalho* encontramos questões sobre aspectos experimentais do trabalho de Mayer e Joule, como seus resultados e as diferenças entre as experiências realizadas pelos dois cientistas. Uma questão a ser destacada nesse grupo foi "*Quais eram as principais diferenças entre as experiências de Mayer e de James Prescott?*". Estas questões representam o início da discussão sobre a importância das evidências empíricas na produção do conhecimento científico, trazendo, assim, indicadores para a subcategoria 1a – *Evidências empíricas*.

Nosso grupo de pesquisa esperava que o narrador do texto inspirasse curiosidade nos alunos, pois o apresentamos com um "dom" de prever o futuro. Destacamos que, de acordo com o professor, muitos alunos das três turmas ficaram surpresos com este personagem e seu

“dom”, fazendo comentários ao professor durante a leitura do texto. Diante da sua função somente literária, não tivemos como objetivo trazê-lo às discussões. Desta forma, o número reduzido de questões sobre ele nos apontou que sua função foi bem desenvolvida, isto é, ele parece ter desenvolvido um *Apetite literário,* mas não foi um grande foco de dúvidas e curiosidades dos alunos.

O último grupo, *Gerais da Narrativa*, foi constituído de questões que nosso grupo não conseguiu atribuir a nenhuma das outras categorias, por não apresentarem relação com o conteúdo científico e histórico a ser trabalhado. Questões como “*Qual é a questão da psicanálise envolvida na energia?*” e “*O que é um golpe de misericórdia?*” traduzem algumas das dúvidas contidas nesta categoria, que não fizeram parte do planejamento da apresentação da aula seguinte.

Das questões entregues pelos alunos, o professor construiu dois questionários especifico para cada turma, selecionando algumas questões entregues pelos alunos da turma. Assim, o professor não alterou em nada a formulação das questões. O objetivo era que o aluno se defrontasse com questões que ele ou seus companheiros haviam construído a partir da leitura da NH. Na construção dos questionários, três questões foram retiradas do grupo *Aspectos Pessoais*, duas de *Condições de trabalho* e quatro de *Teorias e conceitos*. Esta construção foi realizada em um tempo curto, visto que era necessário apresentar o questionário no dia seguinte à apresentação dos slides. Desta forma, o número de questões retiradas de cada grupo e quais questões foram selecionadas não seguiu um critério rígido e alguns questionários continham questões semelhantes. O professor buscou selecionar questões que traziam um conteúdo mais significativo ao tema e às discussões vindouras.

Na aula anterior àquela em que os questionários seriam devolvidos aos alunos, o professor, com auxílio de imagens, discutiu o trabalho de Mayer e o contexto histórico em que o mesmo foi desenvolvido. Como os questionários das turmas inspiraram a elaboração das aulas, foram ressaltados na apresentação: a juventude de Mayer em um cenário modificado pelas máquinas térmicas da Revolução Industrial, resultando na construção da ideia de um moto-contínuo; a espiritualidade e religiosidade de Mayer, responsáveis pela rejeição de uma visão materialista do mundo; a construção do conceito de *forças* (foi ressaltado com os alunos que não era força nos sentido newtoniano) após sua viagem como médico de um navio holandês; os embates para aceitação dos seus trabalhos, seguidos pela rejeição destes pela comunidade científica e a necessidade de evidências empíricas para defender suas ideias, que resultou na busca de coeficientes de conversão entre processos (p.ex., movimento em calor).

Vale destacar que essa apresentação em slides foi baseada no estudo histórico realizado sobre o tema e discutido no capítulo V. Sua realização na etapa IV durou 100 minutos, e, como destacamos, não foi registrada nem em vídeo. Do diário do professor

destacamos que as três turmas apresentaram um bom comportamento durante a apresentação, mas em nenhuma das três tivemos manifestações ou contribuições significativas sobre o conteúdo da apresentação. Os alunos faziam perguntas, levantavam dúvidas, mas não traziam contribuições à fala do professor. Na aula seguinte os alunos foram, então, divididos em grupos e cada um recebeu um único questionário. Ao final da aula, cada grupo devolveu um questionário respondido ao professor.

Seguiremos com a análise das respostas dos alunos ao questionário, destacando algumas perguntas cujos resultados nos chamaram a atenção.

A questão "*Porque a sociedade ignorou os esforços do médico Robert Mayer?*" esteve presente em três questionários, nos dois da turma 1 e um da turma 3. Um grupo da turma 1 destacou "*Talvez por que ele não provou cientificamente sua teoria, como fez o cientista James Joule, que provou com a sua experiência*". O uso da expressão "provou com a sua experiência", traz indícios de que os alunos consideraram que o experimento é crucial para o reconhecimento de um trabalho científico, podendo, então, essa resposta ser atribuída à subcategoria 1f- *Pseudociência*. Os outros dois grupos compartilharam a opinião que a não aceitação dos trabalhos de Mayer teve como motivo este não ser um pesquisador e sim um médico: "*Mayer não tinha prestígio por ser médico*" (turma 1) e "*Porque Mayer era médico e a sociedade não esperava resultados científicos destes, mas sim de um cientista"* (turma 3). Apesar da atribuição à sociedade da rejeição dos trabalhos de Mayer e não à comunidade científica na segunda resposta, reconhecemos um destaque dado aos aspectos culturais presentes na aceitação de teorias científicas. Desta forma, estas respostas foi atribuída à subcategoria 1d – *Aspectos Culturais Sociais e Políticos*.

Em relação à pergunta "*Porque Mayer se interessou por energia?*", reconhecemos que, dos oito grupos que responderam a esta questão, cinco deles apresentaram respostas que podem ser enquadradas na subcategoria 1d – *Aspectos Culturais, Sociais e Políticos* e três grupos não apresentaram qualquer menção a estes aspectos. Os cinco grupos cujas respostas foram classificadas na subcategoria 1d destacaram o aumento do uso de máquinas térmicas no cenário em Mayer viveu como fator importante para o direcionamento de seus estudos. Dentre essas respostas, destacamos a de um grupo da turma 1: "*Ele foi criado em um ambiente cercado por indústrias e, consequentemente, por máquinas que lhe trouxeram este interesse*". Um grupo da turma 2 também apontou a importância do crescimento do uso de máquinas térmicas para o cenário em que Mayer viveu.

Na questão "*Porque Mayer tentou se matar?*", todos os sete grupos apontaram os dois motivos da tentativa de suicídio de Mayer: a rejeição dos seus trabalhos, somada à aceitação dos resultados de Joule, e a perda de um filho (dois grupos disseram três filhos, que foi o total

de filhos que Mayer perdeu). Nas respostas de três grupos (dois da turma 1 e um da turma 2), encontramos a simples menção a estes motivos, enquanto que outros três grupos (um da turma 2 e dois da turma 3) se expressaram com termos mais dramáticos. Um exemplo da turma 2 é "*Pois ele perdeu o sentido da vida*" e um trecho da turma 3 é "e*le não foi apenas um médico, foi um revolucionário*". O último grupo que respondeu a esta questão trouxe respostas confusas, aparentemente repetindo trechos da fala do professor na apresentação de forma desconexa.

A questão "*O que significa força indestrutível*?" foi analisada a partir da categoria 3 - *Conteúdos*. Dos dois grupos da turma 1 que receberam esta pergunta, um apontou que "*é a força que existe em todo o universo, se transforma a toda hora e não pode ser destruída*", enquanto o outro afirmou que "*é a força que se cria sozinha no universo e não se destrói"*. Nas turmas 2 e 3, de quatro grupos que receberam esta pergunta, dois deixaram em branco e dois responderam que "*é a força que nunca é perdida e acontecem transformações*" e "*é a força que não pode ser destruída"*. Apesar do trecho "*se cria sozinha no universo"*, no qual notamos problemas conceituais, reconhecemos que alguns aspectos do conceito de energia estiveram presentes, como sua conservação e constantes transformações.

A pergunta "*A força (conceito construído por Mayer) é igual à energia? Quais seriam as diferenças?*", também analisada na categoria 3 – *Conteúdos* foi entregue a todos os grupos das três turmas. Essa questão foi muito importante para avaliarmos a associação feita pelos alunos entre esses dois conceitos. Das nove respostas das três turmas encontramos sete que caracterizaram que a diferença relacionava-se ao caráter espiritual da força. Vale destacar que, durante as aulas, o professor apontou como uma característica do conceito de *força* de Mayer sua espiritualidade, afirmando que Mayer na explicação deste conceito atribui esse aspecto, acrescentado que *força* seria algo imaterial presente em todo o universo e que pode assumir diferentes formas. Nesse caminho, a *força* foi apresentada como o resultado da visão de mundo de Mayer contrária ao mecanicismo (VALENTE, 1999). Acreditamos que essa fala do professor tenha influenciado essas respostas. Porém é difícil definirmos o grau de espiritualidade atribuído pelos alunos ao próprio conceito científico de energia, entretanto, estas respostas nos fazem acreditar que os alunos separaram os dois conceitos apenas pela espiritualidade da *força*. As duas respostas que não caracterizaram força com maior caráter espiritual (turma 1 e 3) associaram *força* e energia a uma relação de causa e efeito: "*força é uma forma de geração de energia"*. A análise das respostas a essa questão nos trouxe um questionamento sobre a que ponto os alunos reconhecem a energia como uma versão atual do conceito de *forças*. Com essa questão em mente, analisamos outra pergunta presente em todos os questionários: "*Qual a relação do texto com a energia?*". De oito respostas das três turmas, quatro (turma 1 e 2) apresentaram ideias semelhantes, apresentando o conceito de

força de Mayer como a origem do conceito de energia, enquanto outras três (turma 3) foram deixadas em branco. Esses resultados nos fazem crer que o trabalho com a primeira narrativa auxiliou na compreensão do caráter de constante transformação do que chamamos hoje de energia, mesmo diante da dificuldade de defini-la cientificamente.

O calor era uma das principais *forças* identificadas por Mayer (VALENTE, 1999) e apresentava grande importância nos seus estudos, pois seria um efeito inevitável em muitos processos de conversão. Vale lembrar que esta foi a parte do conteúdo onde iniciamos o trabalho com a narrativa, logo foi importante considerarmos a análise da resposta à pergunta: "*Seria possível uma máquina que funcionasse para sempre sem nenhum acréscimo de 'combustível'*?". Das respostas dos seis grupos que tiveram esta questão, destacamos quatro: "*força principal vai virando calor e vai se perdendo e sumindo*", "*não, pois o objeto em movimento perde certa quantidade em calor, assim ele perde sua força de pouco em pouco, precisando de alimentos para continuar a trabalhar*", "*força principal vai virando calor e vai se perdendo e sumindo*", e "*não, pela perda em calor*". Também encontramos a fala de uma aluna em uma discussão: "*por causa da perda de calor, precisa de força e energia para funcionar*". Apesar de alguns problemas conceituais, encontramos nestas respostas o reconhecimento do calor como resultado do funcionamento de máquinas, sejam térmicas ou não, representando um impedimento para um moto-contínuo.

Entretanto, diante dos processos de transformação estudados por Mayer, nos quais algo se conserva, não faz sentido discutir sobre a conservação deste algo sem levar em conta a sua quantificação. Os processos de conversão haveriam de ser medidos e matematizados, de forma a apresentar evidências empíricas às ideias de Mayer. Assim, é importante apresentarmos alguns comentários sobre a questão "*O que é o coeficiente de conversão entre movimento e calor?*" que foi respondida por seis grupos. Apenas uma resposta estava em branco e as outras cinco merecem destaque: (turma 1) "*quantidade de movimento capaz de gerar determinada quantidade de calor*"; "*é quantificar movimento em calor; medida que mostra que o movimento se transforma em calor"*; (turma 2) "*é a quantidade de movimento que gera determinada temperatura"*; (turma 3) "*Mayer e Joule descobriram um jeito de medir calor por meio da 'força'* [conceito de Mayer] *(movimento do peso que fazia a água mexer e aquecer)*". O professor revelou ao grupo de pesquisa a grande dificuldade enfrentada pelos alunos para elaborar uma resposta a essa questão. Mas, mesmo assim, reconhecemos que a presença de termos como quantidade e medida aponta para uma compreensão que há algo que perdura e se conserva na transformação de movimento em calor e que isto pode ser medido.

É importante destacarmos que algumas das respostas que envolviam o conteúdo científico estavam pouco claras, apontando uma dificuldade dos alunos em se expressar, levando-os a repetir termos e expressões utilizadas pelo professor na apresentação. A questão

da pura repetição da fala do professor é um aspecto importante a se analisar nas atividades com as próximas NHs, buscando avaliar se as discussões inspiradas por estas auxiliaram a compreensão do conteúdo ou se os alunos simplesmente repetiram o que foi dito pelo professor.

Para finalizar a análise dessa narrativa, gostaríamos de destacar que, em relação á categoria 2 – *Pseudociência,* acreditamos que o trabalho com a primeira NH não tenha desenvolvido uma *ênfase na contribuição de um único indivíduo*, pois as presenças das figuras de Joule e da comunidade científica nas respostas é grande. É interessante comentarmos que não conseguimos reconhecer se Joule é visto pelos alunos como um vilão, o que indicaria que eles estariam construindo uma visão dramática em relação à ciência. Além disso, não encontramos indícios nas respostas que trouxessem uma visão de nobreza nas motivações de Mayer, mas sim que seu embate com Joule e com a comunidade científica se configurou pela rejeição dos seus trabalhos.

VI.3 As atividades inspiradas pela 2ª NH – Priestley e a busca por novos "ares"

A leitura da segunda NH pelos alunos em sala de aula ocorreu de forma mais ordenada que a da primeira, apesar do professor ainda precisar chamar muitas vezes a atenção da turma 3. Novamente, após vinte minutos de leitura individual o professor recolheu 88, 76 e 80 questões das turmas 1, 2 e 3, respectivamente. Este total de 244 questões equivale ao trabalho de 29, 25 e 26 alunos levantando dúvidas em forma de questões, número maior que na primeira NH, principalmente na turma 2. Lembramos que as turmas 1 e 3 tinham 29 alunos e a turma 2 tinha 28.

Novamente realizamos uma eliminação de questões que estivessem muito vagas ou já estivessem respondidas claramente no texto. O número de questões descartadas é menor que na primeira NH: na turma 1, descartamos 13 questões (14,7% do total da turma), na turma 2, 23 (30% do total da turma) e 21 questões foram descartadas na turma 3 (26% do total da turma). Isto totaliza 23,3% do total de questões das três turmas, resultando em **187** questões categorizadas. Apesar da maior percentagem de questões descartadas na turma 2, é importante levarmos em consideração que na segunda NH esta turma levantou 34 questões a mais. Isso equivale ao trabalho de mais 11 alunos ou um aumento de 80% de entrega de questões ao professor.

As questões foram divididas nos seguintes grupos: aspectos pessoais (questões relacionadas à biografia de Priestley e Lavoisier), teorias e conceitos (relacionadas ao conteúdo histórico ou científico tratado), condições de trabalho (como os cientistas destacados trabalharam, desenvolveram seus experimentos e teorias), outros trabalhos (relacionadas aos trabalhos de outros cientistas, além de Priestley, como Stephen Hales e Joseph Black) e

questões políticas e religiosas (relacionadas aos debates e perseguições políticas e religiosas com as quais Priestley e Lavoisier se envolveram). Destacamos que não foi necessário, como na primeira NH, criar um grupo *Gerais da Narrativa*, pois todas as questões se enquadraram em alguma categoria acima.

Novamente encontramos a maior parte das questões de todas as turmas relacionadas à categoria *Aspectos Pessoais*. Da turma 1 encontramos 27 questões, da turma 2, 19 questões, e da turma 3 encontramos 16 questões (36%, 35%, 27% do total de questões de cada turma, respectivamente). Temos como resultado 62 questões neste grupo, 33% do total de questões. A questão com maior ocorrência (16, 26% deste grupo) buscava saber por que Priestley sofria perseguição política e qual o motivo pelo qual sua casa havia sido queimada. Encontramos grande interesse dos alunos (10 questões, 16% deste grupo) em saber o que aconteceu com Priestley depois do incêndio em sua casa, quem foi Lavoisier e por qual motivo este foi decapitado. Também encontramos muitas questões (34, 55% deste grupo) relacionadas a diversos aspectos pessoais da vida de Priestley, como qual era a sua religião, o motivo dele ter virado cientista, se era casado, porque foi morar na Pensilvânia, como ele morreu e porque ele não ganhou mais prêmios após tantos trabalhos. Em algumas questões encontramos visões ingênuas da figura do cientista, como em duas perguntas das turmas 1 e 3: "*Porque Priestley se tornou pastor se ele se interessava por ciência?*" e "*Como alguém no séc. XVII teria uma ideia tão brilhante?*". A ocorrência desse tipo de questão tornou-se um fator importante no planejamento das atividades seguintes.

Voltamos a analisar o impacto da dramatização nas questões levantadas. Encontramos um resultado similar à primeira NH, com cerca de 23 questões (37% deste grupo), buscando informações sobre os episódios da vida de Priestley que causaram o incêndio em sua casa. Comparando este índice com os outros 63% das questões, acreditamos que seja um indicativo que os alunos não ficaram presos à ferramenta literária dramática utilizada na construção desta NH, pois também apresentaram interesse em outros aspectos da vida dos personagens do texto.

A segunda categoria com maior número de questões foi *Teorias e conceitos*, contendo 12, 11 e 15 questões nas três turmas, o que equivale a 16%, 21% e 25% das suas questões, respectivamente. Esta categoria conteve, no total, 38 questões, 20,3% do total de questões das três turmas. Encontramos 17 questões (44%) sobre a fotossíntese e os fatores necessários à renovação do ar. Um exemplo é: "*Qual a importância das folhas para o processo de renovação?*". Outras 14 questões (37%) estavam relacionadas ao consumo de "ar" por animais ou plantas ou pelo processo de combustão. Alguns exemplos são "*Qual é a quantidade de ar consumida por um rato em um minuto?*", "*Como o ar influencia na propagação e permanência do fogo?*" ou "*É possível criar vida em ambientes onde predomina o gás carbônico?*". As outras

7 questões (19%) apresentaram dúvidas sobre os diferentes gases do universo, como "*quantos gases existem no universo?*" e "*por que eles foram nomeados como oxigênio, gás carbônico, etc?".*

A percentagem desta categoria foi menor do que na primeira NH (39,8%) e isto poderia indicar um descaso com o conteúdo científico e histórico do texto. Entretanto, destacamos que as próximas categorias, ainda não analisadas, também estavam associadas ao conteúdo. Os diferentes procedimentos experimentais e os aparatos utilizados nas pesquisas de Priestley estiveram muito presentes no texto, o que fez com que muitas questões construídas pelos alunos fossem atribuídas à categoria *Condições de trabalho*. Esta categoria recebeu, no total, 35 questões, representando 19% de todas as questões. Dessas questões, 16 (21% do total da turma) são provenientes da turma 1, 8 (15%) da turma 2 e 11 (18%) da turma 3. Destacamos três questões que ilustram esta categoria. Em primeiro lugar a questão "*Como é o processo de coleta de ar utilizando uma quantidade de água?*" aponta a curiosidade de como os primeiros gases foram isolados. Associada a esta curiosidade, a questão "*Qual era o "novo método" que ele usou para descobrir os gases?*" traz uma dúvida sobre qual foi o aperfeiçoamento feito por Priestley na cuba pneumática. Por último, a questão "*Como ele reparou na melhora do ar renovado pelas plantas fora do laboratório?*" novamente apresenta aspectos técnicos nas pesquisas de Priestley para reconhecer a importância do Sol ao processo de renovação do ar. Como podemos reconhecer, esta categoria apresenta questões que se somam ao conteúdo científico da NH, apontando novamente o alvo de muitas das dúvidas dos alunos.

Ainda devemos acrescentar a este tipo de curiosidade as poucas questões associadas à categoria *Outros trabalhos* (13,7% do total). Encontramos 3 (4%) destas questões provenientes da turma 1, 5 (9%) da turma 2 e 5 (8%) da turma 3. Essas questões são semelhantes às da categoria anterior, mas referem-se aos trabalhos de outros cientistas, como Stephen Hales e Joseph Black, presentes na NH. Um exemplo encontra-se em "*Como Hales mostrou como as plantas absorvem o ar?*" e "*Como Black conseguiu separar o ar fixo?*". Estas questões trazem contribuições para a exemplificação dos trabalhos com os quais Priestley dialogou nas suas pesquisas, destacando o papel da comunidade científica para o avanço da ciência.

A última categoria, *Questões Políticas e Religiosas*, conteve questões (39, 21% do total) relacionadas ao conteúdo histórico da NH, como a relação de Priestley com a Revolução Francesa e as ideias Iluministas (15, 38%) e os motivos políticos da decapitação de Lavoisier (9, 23%). Também encontramos 11 (28%) questões relacionadas diretamente ao incêndio na casa de Priestley e os fatores políticos e religiosos relacionados. Duas questões de destaque são "*A Igreja tinha tanta força na Inglaterra para queimar a casa dele assim?*" e "*Perseguições religiosas da Igreja ainda ocorrem na comunidade científica?*". Acreditamos que esta visão

radical da Igreja como constante causadora de perseguições, principalmente por debates científicos, é um tema importante a ser discutido com os alunos, de forma que sua presença no planejamento das atividades foi reforçada. As outras 4 questões (10%) traziam dúvidas históricas específicas sobre aquele episódio, como "*Quem era o rei da França?*" e "*Qual era a Igreja que perseguia Priestley?*".

A partir das questões levantadas durante a leitura da segunda NH o professor construiu apenas dois questionários. A redução do número de questionários foi resultado de uma reflexão sobre a aplicação dos seis questionários relacionados à primeira NH. Reconhecemos que houve um excesso de questões que prejudicou tanto a análise das respostas, por não possuirmos respostas variadas para todas as perguntas, como dificultou as discussões propostas pelo professor após o questionário. Como cada grupo tinha respostas diferentes, no momento da discussão os alunos não se interessavam pelas questões respondidas pelos outros grupos, gerando desordem e dificultando o debate com a turma. Os dois questionários foram construídos a partir de doze questões arrumadas em dois grupos de nove. Novamente, o professor não modificou as questões do formato com que foram entregues.

Os grupos de cada turma recebiam um dos dois questionários de forma alternada, com o objetivo de reduzir a comunicação entre os grupos durante a atividade. Das doze questões, duas foram retiradas da categoria *Aspectos Pessoais*, duas de *Condições de trabalho*, uma de *Outros trabalhos*, cinco de *Teorias e conceitos* e duas de *Questões políticas e religiosas*. Ainda que a construção tivesse sido realizada novamente em um tempo curto, o critério escolhido foi o de trazer um número de questões por categorias em proporção com o número de questões levantadas pelos alunos para cada categoria.

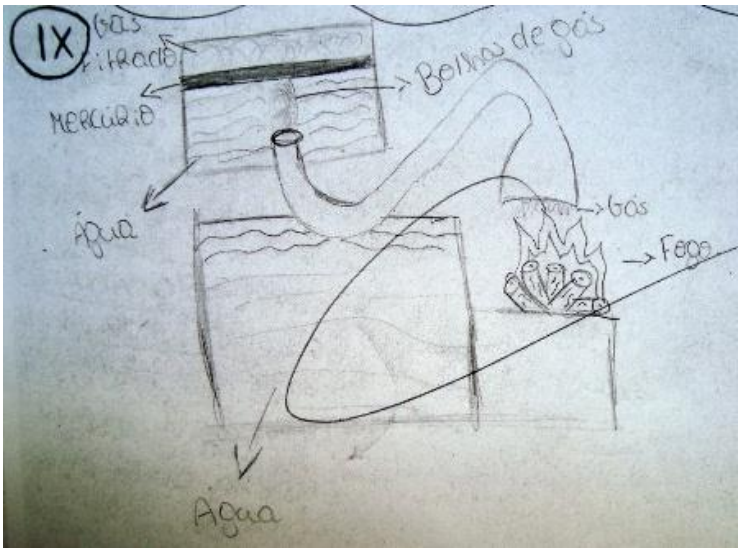
Na aula anterior à entrega dos questionários (etapa IV), o professor, com auxílio de imagens, apresentou as pesquisas de Priestley, sua vida e o período histórico no qual ele estava imerso. A partir do levantamento de questões pelos alunos, que inspirou esta apresentação, foram ressaltados na apresentação: a juventude de Priestley e sua criação religiosa; seu rompimento com a Igreja e aproximação dos *Dissidentes*; seu trabalho como pastor em escolas, incentivando o trabalho experimental; seus primeiros trabalhos sobre eletricidade e óptica; seu novo interesse no estudo dos gases e suas primeiras experiências; os trabalhos de filósofos naturais como Stephen Hales e Joseph Black sobre o consumo de ar de animais e sobre o isolamento do "ar fixo"; a observação de Priestley sobre a atuação de plantas na renovação do ar, que lhe rendeu uma Medalha Copley; seus avanços no isolamento e identificação de diferentes gases, como o ar "desflogisticado" (oxigênio); sua ida à Paris no jantar promovido por Antoine Lavoisier e a divulgação do isolamento de um novo gás; o reconhecimento da importância da luz solar para as plantas no processo de renovação do ar; a perseguição política e religiosa que foi sofrida diante do seu apoio à Revolução Francesa e das

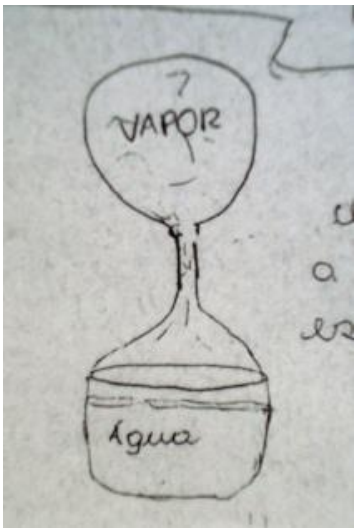
ideias divulgadas em obras sobre teologia e política; o incêndio causado por uma multidão contrária às ideias de Priestley e sua mudança para a Pensilvânia.

A realização dessa apresentação durou 100 minutos e também não foi gravada. A partir do diário do professor destacamos que as três turmas apresentaram bom comportamento durante a apresentação. Nas turmas 1 e 2, alguns alunos contribuíram com dúvidas e comentários, principalmente, relacionados à Revolução Francesa.

Seguiremos com a análise das respostas dos alunos ao questionário, em conjunto, analisaremos trechos registrados das discussões realizadas após o professor retornar os questionários corrigidos aos alunos. Iniciaremos, destacando algumas questões cujos resultados nos chamaram a atenção.

Com a pergunta "*Quais práticas utilizadas contribuíram para as pesquisas sobre o processo de renovação do ar?"* buscamos reconhecer quais procedimentos, principalmente experimentais, os alunos iriam destacar. Diante das respostas, não encontramos indícios se os alunos reconheceram a *importância* dos trabalhos experimentais para suportar as novas teorias. Entretanto, todos os onze grupos que responderam a esta questão apresentaram ao menos uma prática utilizada por Priestley, Hales e Black e nove grupos apresentaram duas contribuições, totalizando a apresentação de seis práticas experimentais diferentes. Destacamos que quatro destes grupos apresentaram desenhos dos experimentos, com diferentes graus de complexidade. Um grupo ilustrou a cuba pneumática com detalhes, apontando o acréscimo de mercúrio por Priestley. Apresentamos dois exemplos abaixo.





Acreditamos que o reconhecimento de diferentes experimentos que contribuíram para a construção das teorias deste período seja um passo dado na direção de uma melhor compreensão das relações entre ciência e tecnologia, subcategoria 1e, o que indica uma visão mais coerente do papel do experimento, rejeitando a ideia ingênua de experimento crucial.

Ainda assim, concordamos que as discussões realizadas trabalharam as influências da tecnologia sobre a ciência, mas pouco trabalharam o inverso, ponto que será destaque na terceira NH.

As discussões sobre o trabalho experimental, realizadas a partir da segunda NH, trazem somente experimentos que tiveram êxito, em última instância. Concordamos que há um risco de estarmos reforçando a ideia de método científico único e infalível por apresentarmos poucos exemplos de experimentos que falharam ou não contribuíram de nenhuma forma às pesquisas dos cientistas comentados. Uma discussão crítica sobre este ponto será realizada nas atividades inspiradas pela terceira NH que apresenta melhores exemplos de experimentos falíveis e interpretações conflitantes de resultados experimentais.

Algumas questões destacaram influência do pensamento religioso no trabalho de um filósofo natural, como em Mayer (subcategorias 1c e 1d). Dois exemplos são "*Porque Priestley acreditava que a contemplação das criações de Deus é a busca de um homem mais virtuoso?"* e "*Diga um motivo que o levou* [Priestley] *a investigar a renovação do ar?".* Dos 11 grupos que responderam a primeira questão, 7 relacionaram a visão religiosa de mundo de Priestley com o seu trabalho científico. Temos como exemplo "*... acreditava que deveríamos estudar a natureza e com o conhecimento seríamos pessoas melhores*". Dos 11 grupos que responderam a segunda questão, 9 destacaram que em sua ideia de um mundo perfeito criado por Deus deveria haver um processo para renovar o ar consumido na respiração e na combustão.

Outro ponto que gostaríamos de ter trabalhado com o questionário foi a importância da posição política de Priestley na sua vida e sobre sua produção científica. Reconhecemos que as questões selecionadas com caráter histórico pouco exploraram esta dimensão, trabalhando apenas com o conteúdo histórico. Em questões como "*Porque Priestley apoiava os ideais da Revolução Francesa?"* e "*Para Priestley, o autoritarismo e absolutismo da Igreja e da Monarquia seriam obstáculos ao quê?*" 19 dos 22 grupos apresentaram respostas corretas. Temos como exemplo de resposta da segunda questão "*... seriam obstáculos à busca humana da razão*". Nosso grupo de pesquisa só reconheceu a ausência da posição política de Priestley nas questões selecionadas depois que as discussões foram realizadas em sala, de modo que o professor não articulou nestas discussões pontos como o impacto da perseguição política e religiosa que Priestley sofreu sobre seus últimos trabalhos.

O restante das questões trazia aspectos do conteúdo científico do currículo escolar, como o processo de fotossíntese e os fatores que o possibilitam. Em questões como "*Como ocorre a fotossíntese?"* e "*Porque a luz solar possibilita a renovação do ar? Explique como"* encontramos um bom resultado dos grupos com 18 dos 22 apresentando respostas corretas. É importante destacarmos que o conteúdo científico trabalhado com a segunda NH é o mais

simples dentre as três, inclusive pelo fato que a fotossíntese já havia sido estudada de modo qualitativo em anos anteriores ao 9°. Ainda assim, o bom reconhecimento da importância da clorofila e da radiação solar nas reações químicas que ocorrem nas plantas, até este ponto não estudado pelos alunos, traz bons resultados à categoria 3 – *Conteúdo*.

Devemos trazer novamente a categoria 2 – *Pseudociência* à análise. O episódio histórico em questão é rico em exemplos de contribuições de outros filósofos naturais, como Hales e Black, de forma que acreditamos estar contribuindo contra a visão de uma *demasiada importância de um indivíduo.* Além de reconhecermos diversas respostas apontando à influência de *aspectos políticos, culturais e religiosos* ao trabalho científico, não encontramos nas respostas ou nas falas dos alunos, inclusive em gravações, nenhum indício que aponte a uma visão de que o trabalho de Priestley era alimentado por *motivos nobres*.

VI.4 As atividades inspiradas pela 3ª NH – Eletricidade e força vital: A controvérsia Galvani e Volta

A leitura da terceira e última NH deste projeto não seguiu o padrão das duas anteriores. Por questões da organização das aulas precedentes à última NH, em cada turma o professor trabalhou a leitura da NH de uma forma específica. Na turma 1, o professor destinou menos de vinte minutos para a leitura da NH, por isso foi permitido aos alunos que não conseguissem levantar as questões no tempo destinado continuar o trabalho em casa e enviá-lo via internet para o professor. Em consequência, o número de questões levantadas nessa turma foi menor que o esperado. A leitura na turma 2 foi mais conturbada que nas primeiras NHs como indica registros do diário do professor: "*Aula turbulenta, resultando em pouco silêncio na leitura"*. Em contrapartida, na turma 3 o professor foi surpreendido por uma aula onde os alunos estiveram muito atentos, seguida de uma leitura totalmente silenciosa da NH. No diário do professor encontramos o motivo aparente: "*Ótima aula! Eletroestática 9º* (assunto trabalhado anteriormente à última NH*) chamou muita atenção e consegui 20 min de silêncio total na leitura. A parte sobre reação muscular à eletricidade intrigou a todos"*. O professor acrescenta uma opinião sobre a utilização de uma terceira NH: "*Alguns se apresentaram descontentes por novamente lerem uma narrativa e terem que levantar três questões. Esse levantamento de questões parece cansativo no início, mas flui quando todos estão participando. A 'birra' passa ao começarem a ler a narrativa e entrarem na história, aí eles gostam muito".* Como resultado da leitura, o professor recolheu 66 questões da turma 1, 77 da turma 2 e 78 da turma 3, resultando em 221 questões no total.

O número de questões descartadas foi semelhante ao do trabalho realizado com a segunda NH, logo, também inferior ao da primeira NH. Na turma 1 encontramos 11 questões descartadas (16% do total da turma), na turma 2 foram 10 (15%) e 14 foram descartadas

dentre as questões da turma 3 (18%). O número resultante de questões levadas à categorização é de **186**, logo 16% do total de questões levantadas foi descartado.

Reconhecemos fatores externos às atividades que influenciam os alunos no levantamento de questões. Essa NH foi desenvolvida no final do ano letivo e a atenção dos alunos estava desviada para outras obrigações escolares. Por isso, acreditamos ser difícil gerarmos reflexões seguras sobre o porquê dos percentuais de questões descartadas e selecionadas para a categorização, diante da complexidade dos fatores. Entretanto, com o auxílio do diário e relatos do professor, reconhecemos que a diminuição do número de questões descartadas pode estar associada ao fato de que os alunos se acostumaram e, aparentemente, apreciaram o trabalho com as NHs. A partir de comentários de alunos no ambiente escolar sobre o conteúdo histórico trabalhado, principalmente sobre as partes das NHs onde houve *dramatização*, acreditamos que foi desenvolvida uma empatia entre os alunos e os episódios históricos. Esta análise acrescenta indícios à categoria 2 – *Romantização.* A esta análise também acrescentamos a melhora disciplinar no momento de leitura das NH nas turmas 1 e 3.

As questões selecionadas foram divididas nos seguintes grupos: aspectos pessoais (questões relacionadas à biografia de Mary, William, Galvani, Aldini e Volta), teorias e conceitos (questões relacionadas ao conteúdo histórico ou científico tratado), experiências com animais (questões que abordassem os trabalhos experimentais realizados com cadáveres de animais), eletricidade animal, artificial e força vital (questões relacionadas às discussões sobre a natureza do fluido elétrico de origem animal e sua associação com a vida) e gerais da narrativa (questões que não se enquadravam em nenhum dos outros grupos).

Ao contrário da maior parte dos resultados das categorizações anteriores, o grupo *Aspectos pessoais* não apresentou o maior número de questões em nenhuma das turmas. Encontramos dentro desse grupo 13 questões (24% do total da turma) na turma 1, po, 14 (21%) na turma 2, e na turma 3 encontramos 10 (15,5%) na turma 3. A maior incidência de questões foi atribuída ao grupo *Experiências com animais*, contendo 70 questões (37,5% do total), distribuídas pelas três turmas com 22 questões (40% do total da turma 1), 16 questões (24% do total da turma 2) e 32 questões (50% do total da turma 3). É importante destacarmos que a terceira NH apresenta poucas informações biográficas sobre os personagens. Seu foco são as demonstrações públicas realizadas na Europa no início do séc. XIX, que envolviam experimentos sobre eletricidade com o uso de cadáveres de animais e humanos. Desta forma, o grande número de questões neste último grupo nos aponta a influência da *dramatização* presente nas NHs no levantamento de questões pelos alunos.

Um aspecto que voltou a apresentar um menor número de questões levantadas foi *Teorias e conceitos*, com 42 questões (22,5% do total), das quais 11 (20% do total da turma) foram construídas pela turma 1, 16 (24%) pela turma 2 e 15 (23%) pela turma 3. Destas questões, 27 (65%) traziam dúvidas sobre o fluido neuroelétrico, sua natureza e como era produzido ou como era liberado nas experiências dos galvanistas. O restante das questões apresentou dúvidas sobre eletricidade, como ela é produzida em uma pilha (6 questões), sobre a produção de impulsos elétricos pelo cérebro (3 questões) e sobre a relação entre eletricidade e energia (4 questões), entre outras. Destacamos que parte do livro didático, referente ao tema *Eletricidade*, destinava-se ao funcionamento da pilha, de forma que estas questões serviram para articular as atividades com a NH e o uso do livro como exigido pela escola. Destacamos que a presença de questões que envolviam o conteúdo científico em outros aspectos, como ocorreu na segunda NH, dificultou a categorização e reduziu o número de questões do grupo *Teorias e conceitos*. Desta forma, buscando reforçar a análise da categoria de análise 3 – *Conteúdo* tornou-se necessário analisar os aspectos *Teorias e conceitos*, *Eletricidade animal, artificial e força vital* em conjunto.

Assim, a categoria *Conteúdo* contou com mais 29 questões originadas do grupo *Eletricidade animal, artificial e força vital* (15,5% do total), das quais 6 (11% do total) foram originadas na turma 1, 17 (25%) na turma 2 e 6 (9%) na turma 3. Destas questões, 18 trazem dúvidas sobre as reações dos cadáveres às descargas elétricas e a possibilidade de reviver um corpo desta forma. Dois exemplos de questão relacionada ao conteúdo são "*O que aconteceria se Giovanni aumentasse a potência desses metais?"* e "*Porque os metais fizeram o homem se mexer, mesmo estando morto?"*. Outras 7 questões estavam relacionadas à divulgação e o impacto destes experimentos na sociedade e na comunidade científica. Desta forma, voltamos a reconhecer que muitos alunos levantaram dúvidas sobre o conteúdo científico inspirados pela leitura de uma NH.

O grupo restante, *Gerais da Narrativa*, conteve apenas 7 questões, 4% do total construído, das quais 2 foram (4%) da turma 1, 6 (6%) da turma 2 e 1 (1%) da turma 3. Apresentamos duas questões que configuram esse aspecto "*Onde e como era o local da apresentação que o pai de Mary a levou?"* e "*O que é anatomia?".* Esses números nos apontam que a maior parte das questões construídas pelos alunos estiveram relacionadas ao conteúdo científico ou histórico presente na NH.

Apesar dos percentuais apresentados acima apontarem a um levantamento de questões significativas para o projeto pedagógico, é importante destacarmos uma opinião do professor registrada no diário pessoal no período do trabalho com esta NH. Durante o levantamento de questões, o professor percebeu que os alunos que não estavam interessados pela leitura da NH construíam questões com muita rapidez com o objetivo de terminar

rapidamente a tarefa proposta, “se livrando” dela. Ao receber estas questões, o professor notou que estas traziam, aparentemente, dúvidas sobre informações de destaque que estavam, normalmente, no início do texto. Na categorização é difícil classificarmos as questões como provenientes de dúvidas ou curiosidade genuínas, de forma que mesmo estas questões, construídas sem interesse, foram analisadas. Por esse motivo, devemos reconhecer que os grandes índices em certos grupos importantes ao projeto não traduzem, necessariamente, um interesse dos alunos que as construíram pelo seu conteúdo.

Após a categorização o professor construiu apenas um questionário, novamente não realizando modificações sobre as questões dos alunos. Lembramos que esta redução do número de questionários (seis na 1ª NH e dois na 2ª NH) teve como objetivo ampliar a atenção dos alunos durante as discussões realizadas sobre as respostas dos questionários corrigidos. O professor notou que a dispersão de questões acabava por dificultá-lo a orientar o debate e fazer com que os alunos discutissem o tema proposto. Diante do baixo percentual de questões relacionadas a *Aspectos pessoais,* o questionário foi construído sem esse aspecto, mas com quatro questões relacionadas a *Teorias e conceitos*, três a *Eletricidade animal, artificial e força vital* e uma a *Experiências com animais*.

Antes de entregar os questionários para os alunos, o professor, com o auxílio de imagens, discutiu os trabalhos de Galvani e Volta, diante do contexto histórico no qual foram desenvolvidos. Inspirado pelas questões levantadas pelos alunos e baseado no estudo histórico realizado sobre o tema, o professor ressaltou na apresentação: as teorias sobre eletricidade aceitas até a metade do séc. XVIII; dados biográficos de Galvani e Volta; os primeiros experimentos de Galvani que resultaram na teoria do fluido neuroelétrico; a aceitação inicial de Volta á proposta de Galvani, seguida da sua crítica, fundamentada em preceitos mecanicistas, sobre a origem do fluido elétrico nos animais; a construção da pilha como tentativa de refutar o fluido elétrico animal; o experimento de Galvani sem a utilizar metais; as associações entre eletricidade e força vital; as demonstrações públicas que utilizavam corpos de animais e humanos e o impacto destas experiências sobre a imaginação popular, principalmente a de Mary Shelley.

A apresentação, representada pela etapa IV, durou 100 minutos e não foi gravada. De acordo com o registro do professor, o comportamento das três turmas durante a apresentação foi muito bom. O professor também reconheceu que o tema trazido por esta NH foi de interesse da grande maioria dos alunos, resultando na participação de muitos na aula fazendo comentários ou levantando dúvidas sobre as contorções causadas nos corpos de animais e sobre o funcionamento da pilha. Diante do grande número de questões de caráter conteudista no questionário aplicado, classificaremos como correta, incorreta ou plausível as respostas dos

alunos ao questionário e, em conjunto, analisaremos trechos registrados das discussões realizadas após o retorno dos questionários corrigidos aos alunos.

Na primeira pergunta do questionário "*Para Aldini, qual era o papel dos metais nas experiências?*", das 84 respostas, classificamos 51 como corretas, 20 incorretas e 11 plausíveis. Dentre as incorretas, encontramos respostas em que a explicação de onde se supunha ser criado o fluido neuroelétrico, de acordo com os galvanistas, era confusa, além de atribuir ao fluido diferentes significados. Dentre essas respostas, encontramos seis que confundiram a origem do fluido neuroelétrico, exemplificado por: "*Para Aldini os metais liberavam o fluido elétrico que era produzido no músculo dos animais*". Acreditamos que, pela dificuldade dos cientistas que trabalhavam com eletricidade em definir a natureza do fluido elétrico, seja ele natural, animal ou artificial (MARTINS, 1999), os alunos apresentaram dificuldades na sua compreensão. Reconhecemos esse problema nas diversas interpretações dadas ao fluido neuroelétrico pelos alunos. Em sete respostas, o termo energia foi utilizado no lugar do fluido neuroelétrico, exemplificado por "*Os metais liberavam a energia contida dentro dos corpos dos animais*". Em muitas respostas o professor encontrou expressões e até frases inteiras perfeitamente reproduzidas das suas aulas, trazendo novamente a questão da repetição à análise. Um exemplo que ele destaca é "*Na crença dos vitalistas, os animais possuíam um fluido neuroelétrico que era conduzido pelos metais".* Ainda nesta questão, um aluno descreveu o fluido neuroelétrico associando-o a um líquido.

Para aprofundar a análise em torno à dificuldade destacada anteriormente, analisaremos a questão: "*Porque os defensores do vitalismo relacionaram a eletricidade com a vida ou força vital após os experimentos de Galvani e seguidores?*". Dos 84 questionários, 8 questões estavam em branco. Dentre as 76 respostas, 54 foram avaliadas como corretas, 12 como incorretas e 10 como plausíveis. Dentre as 12 respostas incorretas, encontramos novamente 7 utilizando o termo energia no lugar de fluido neuroelétrico e 5 apresentavam termos pouco científicos em descrever a associação feita pelos vitalistas. Duas respostas que traduzem esta dificuldade são: "*Aldini acreditava que havia uma <u>força superior</u> que movia os cadáveres"* e "*Os vitalistas achavam que o metal despertava alguma energia vital que <u>alimentava a alma</u> dos animais"*. Apesar destas dificuldades reconhecidas nas respostas dos alunos, devemos destacar que a discussão em torno do fluido neuroelétrico e sua relação com as teorias vitalistas, travada em sala após a correção dos questionários, trouxe reflexões sobre a influência de componentes subjetivos na construção de teorias científicas, trazendo indícios à subcategoria 1c.

Com vistas a aprofundar a análise das respostas dos alunos em relação ao conteúdo trabalhado na terceira NH, destacaremos a questão "*Porque os galvanistas comparavam os corpos de animais com Garrafas de Leyden?*". Das 84 respostas, 50 foram avaliadas como

corretas, 22 como incorretas e 12 como plausíveis. A maior parte das incoerências encontradas nas respostas plausíveis esteve associada à atribuição da capacidade de *produzir* fluido elétrico à Garrafa de Leyden. Em 4 classificadas como incorretas, encontramos uma confusão dos alunos entre a proposta dos galvanistas e a de Volta. Nessas respostas, os alunos destacaram que pelo fato da Garrafa ter partes metálicas, logo condutoras, ela se assemelharia ao corpo do animal, um "*mero condutor",* o que se adequaria mais à interpretação dada por Volta aos experimentos de Galvani.

Na questão, "*A partir de que interpretação a pilha de Alessandro Volta foi criada?*" encontramos 59 respostas avaliadas como corretas, 11 como incorretas e 4 como plausíveis. As incorretas estavam completamente confusas, apresentando total desconhecimento da interpretação de Volta às experiências de Galvani. Dentre as respostas corretas e plausíveis, encontramos 60 que destacaram, mesmo que de forma incompleta, a importância dos metais na produção dos espasmos musculares ou apontavam que o animal era somente um condutor. Apesar desse resultado, novamente o professor reconheceu certa repetição, principalmente na expressão "*o animal era um mero condutor*", presente em mais da metade das respostas corretas. É possível que os alunos estejam compreendendo o conteúdo, mas este nível de repetição é um fator que levanta a hipótese de que os alunos se preocuparam muito em responder de modo idêntico ao professor.

Uma última pergunta merece análise: "*Quais motivos, científicos, experimentais, sociais, práticos, supersticiosos ou religiosos, para a não aceitação imediata da pilha voltaica pela comunidade científica e pela sociedade como um todo"*. Das 84 respostas, 54 foram avaliadas como corretas, 13 como incorretas e 7 como plausíveis. Classificamos como plausíveis as respostas que apresentavam somente um motivo. Destacamos que 46 respostas apontavam a discussão sobre a natureza da eletricidade artificial da pilha em relação à eletricidade natural encontrada em raios e certos peixes como motivo que dificultou a aceitação imediata da pilha como evidência contra as teorias vitalistas. Em 36 respostas o motivo é atribuído à força das teorias vitalistas após a divulgação dos experimentos de Galvani, principalmente, diante das demonstrações públicas sobre experimentos envolvendo eletricidade e corpos de animais. Por último, 33 respostas destacaram que a pilha não apresentou utilidade prática imediatamente à sua invenção. Nas discussões em sala posteriores à correção dos questionários, essa questão foi debatida nas três turmas, sendo que nas turmas 1 e 3 a participação dos alunos foi maior. Cerca de 4 alunos de cada turma discursaram sobre a dificuldade em demonstrar que a pilha produzia um fluido elétrico diferente do defendido pelos vitalistas. Eles apontaram que, já que um dos modos de sentir seu efeito era aplicá-la em uma pessoa, esta demonstração era interpretada pelos vitalistas como mais uma evidência das suas teorias.

No relato do professor e nas gravações reconhecemos que durante as discussões em sala os alunos utilizaram constantemente expressões como "*Galvani conseguiu provar com os experimentos", "A pilha era mais certa"* e "*Galvani foi ultrapassado por Volta".* Reconhecemos nestas falas as visões ingênuas de ciência linear e experimento conclusivo apontadas por MATTHEWS (1995). O professor procurou no debate problematizar essas falas, porém o contra argumento dos alunos não nos permite afirmar que essa visão ingênua tenha sido problematizada.

VI.5 – Considerações finais sobre a aplicação das NHs

A partir das categorias de análise, tivemos como objetivo refletir sobre a eficácia da utilização das NHs em nosso projeto pedagógico, buscando responder nossa pergunta de pesquisa: Em que medida as *NHs* constituem-se em ferramentas eficazes para o estudo do conceito de energia numa abordagem histórico-filosófica, possibilitando discussões em torno da Natureza da Ciência que privilegiem a ciência enquanto construção humana?

É importante lembrarmos que não buscamos confrontar as visões de NdC dos alunos envolvidos no projeto antes e depois da aplicação do mesmo, mas sim reconhecer se as NHs possibilitaram discussões sobre aspectos da NdC. Assim, queríamos avaliar se as NHs possibilitaram discussões histórico-filosóficas que destacassem reflexões em torno à produção científica. Nos três episódios históricos que inspiraram a construção das NHs encontramos características relacionadas à subcategoria 1a – *Evidências empíricas*. Algumas destas características que estiveram presentes nas discussões em sala foram: a importância da busca do coeficiente de conversão entre movimento e calor (NH Mayer); os experimentos sobre a respiração de animais e sobre o papel das plantas na renovação do ar; e o impacto das experiências de Galvani, seguido da construção da pilha como evidência contrária às teorias vitalistas. Destacamos que as ferramentas utilizadas nesse projeto, responsáveis pelo levantamento de dados para a análise, trouxeram poucos indícios para se analisar as concepções dos alunos sobre a importância da busca por evidências empíricas na ciência. Apesar disso, acreditamos que os episódios históricos trouxeram bons exemplos desta importância que foram discutidos em sala durante as três práticas.

Não reconhecemos a mesma situação em relação à segunda subcategoria, *Criatividade*. Apenas nas atividades relacionadas à primeira NH encontramos indícios de que esse aspecto da NdC esteve presente nas discussões em sala. Ainda assim, não encontramos relatos do professor e nem questões construídas pelos alunos que estimulassem a reflexão sobre este aspecto. Desta forma, o trabalho desenvolvido não possibilitou uma reflexão em torno ao processo criativo presente na produção científica.

Atribuímos à subcategoria 1c – *Componentes subjetivos* um grande número de respostas provenientes dos questionários trabalhados nas três NHs e trechos das discussões realizadas em sala. Acreditamos que esses dados apontam que as características dos episódios históricos trabalhados possibilitaram o professor instigar discussões de caráter filosófico sobre as influências de componentes subjetivos na produção científica. Acreditamos que esse potencial pode ser reconhecido principalmente na 1ª NH com a discussão da espiritualidade do conceito de *força* de Mayer; na 2ª NH com o debate em torno á defesa de Priestley de que em um mundo perfeito criado por Deus deveria haver um processo de renovação do ar para compensar seu desgaste na respiração; e na 3ª NH com as discussões em torno às relações entre a crença vitalista e os experimentos de Galvani sobre o fluido neuroelétrico.

Um aspecto de NdC que também esteve presente nas atividades inspiradas pelas NHs é representado pela subcategoria 1d – *Aspectos Culturais Sociais e Políticos*. Diante da abordagem histórico-filosófica escolhida para essa proposta, o conteúdo histórico das NHs tornou-se central nas atividades. A relação entre ciência, cultura, sociedade e política esteve presente em muitas das questões dos questionários, além de ser um tema constante nas discussões realizadas em sala. Destacamos que a análise realizada sobre as atividades de cada NH nos apontou que essas questões apresentaram bons resultados, principalmente nas turmas 1 e 2. A disputa entre Mayer e Joule e as reações dos seus trabalhos na comunidade científica foi o primeiro ponto que trouxe essa discussão para a sala de aula. Além disso, as discussões em torno ás modificações sofridas pela sociedade na Revolução Industrial proporcionadas por essa NH enriqueceram as discussões histórico-sociais. Novas discussões também foram alimentadas pela segunda NH que apresentava o pensamento teológico-filosófico de Priestley como um elemento motivador para o seu trabalho. Além disso, os ideais levantados pela Revolução Francesa construíram um cenário histórico sob o qual esse filósofo natural articulou seu trabalho com outros personagens da época. Também destacamos as discussões originadas pela terceira NH, referentes à controvérsia entre Galvani e Volta e seus apoiadores.

A subcategoria 1e – *Relações entre C&T* esteve presente nas atividades relacionadas à segunda e à terceira NH. Os trabalhos experimentais de Priestley, Hales, Black, Lavoisier e outros ilustraram o avanço nas pesquisas científicas possibilitado pela utilização e evolução de procedimentos e aparatos experimentais. Destacamos que a análise nos apontou os alunos elaboraram mais questões destacando os trabalhos de Priestley do que o de outros cientistas da época. Ainda assim, nas respostas a essas questões encontramos descrições de muitos dos procedimentos experimentais realizados por Priestley e outros cientistas. Em relação à terceira NH, os eventos que levaram à construção da pilha voltaica e o seu impacto na

controvérsia entre Volta e os galvanistas alimentaram as discussões mais intensas com os alunos durante o ano letivo, destacando a grande participação da turma 3 (que apresentava grandes problemas disciplinares). O número de respostas satisfatórias em relação à aceitação da pilha ilustra que certas características da relação entre ciência e tecnologia foram reconhecidas pelos alunos após as discussões em sala.

As análises realizadas nos levam a crer que as atividades inspiradas pelas NHs não alimentaram visões *pseudocientíficas*. Nos três episódios históricos, registramos discussões em sala de aula que apontam em direções contrárias a duas visões *pseudocientíficas*: *ênfase à contribuição demasiada de um indivíduo*, e anulação de *efeitos pessoais e culturais na produção daquele conhecimento científico*. Dois momentos exemplares foram as discussões em torno à rejeição dos trabalhos de Mayer frente a aceitação dos trabalhos de Joule e o debate gerado sobre a aceitação da pilha. A visão pseudocientífica classificada por ALLCHIN (2004) em *disfarçar motivações não tão nobres assim* foi considerada pelo professor em todas as atividades. Isto porque a *dramatização* presente nas NHs trouxe o risco de apresentar os personagens principais Mayer, Priestley, Galvani e Volta como filósofos naturais excessivamente virtuosos, diante das suas motivações religiosas e ideológicas. Entretanto, encontramos poucas questões elaboradas pelos alunos configuraram essa visão e nenhuma das respostas analisadas apontou os filósofos naturais trabalhados como gênios, pessoas genuinamente virtuosas. Isto nos faz acreditar que as atividades posteriores à leitura de cada NH contornou esse risco, apresentando uma visão mais humana desses personagens, mesmo diante dos dramas destacados nos textos.

A categoria 2 – *Romantização* também recebeu grande atenção do nosso grupo de pesquisa diante do risco gerado pela utilização de *drama* nas três NHs. As análises nos apontam que a *romantização* dos episódios científicos gerou certos resultados. Em primeiro lugar, uma parte significativa das perguntas levantadas pelos alunos esteve relacionada aos trechos dramáticos dos textos. Isto nos leva a crer que os dramas vividos pelos personagens ilustrados parecem ter chamado a atenção dos alunos, cumprindo assim com a sua função literária. Entretanto, um dos riscos dessa ferramenta literária foi construir uma visão dramática da produção científica. As análises nos apontam poucas questões que apresentassem caráter dramático ou que parecessem transpor esta *dramatização* a todo o episódio histórico. Em segundo lugar, encontramos bons índices de respostas corretas em questões que traziam conteúdos históricos ou científicos associados diretamente aos dramas vividos pelos personagens. Todos os grupos que responderam a questão "*Porque Mayer tentou se matar?"* atribuíram a tentativa de suicídio de Mayer à rejeição dos seus trabalhos, frente à aceitação dos trabalhos de Joule. Isto levou três grupos (dois da turma 1 e um da turma 3) a destacar a importância da experimentação nos trabalhos de Joule. Na segunda NH, o incêndio causado

por controvérsias religiosas e políticas parece ter trazido a atenção dos alunos à influência dos ideais Iluministas da Revolução Francesa no trabalho e na vida pessoal de Priestley. A categoria 3 – *Conteúdo* foi um ponto de grande preocupação do nosso grupo de pesquisa, diante da inexperiência do professor em trabalhar com abordagens histórico-filosóficas e pela carga de conteúdos históricos que estariam sendo apresentados a alunos que nunca tiveram aulas com essa abordagem. As análises realizadas sobre as atividades apontam bons índices de respostas corretas nas questões relacionadas aos conteúdos relacionados às NHs. Ainda assim, devemos destacar uma característica relatada no diário pessoal do professor e que pode ser reconhecida em algumas partes da análise: em questionários e provas que envolveram questões inspiradas pelas NH os alunos tiveram resultados díspares. Alguns apresentaram resultados excelentes, enquanto outros pareciam desconsiderar o conteúdo por completo. Diante do maior percentual do primeiro tipo de resultado, acreditamos que as NHs cumpriram com a sua função pedagógica de inspirar atividades que trabalhassem o conteúdo científico com eficácia.

Capítulo VII – Comentários Finais

Para responder a questão central dessa pesquisa, precisamos considerar que a escola onde nosso projeto foi aplicado apresentava condições favoráveis aos resultados, uma vez que os alunos estavam acostumados a inovações metodológicas. Fora isso, a escola forneceu estrutura física para que o projeto fosse implementado e avaliado.

Em relação ao processo de construção da proposta, destacamos dois pontos. Primeiro, o processo de construção das três NHs resultou em uma carga de trabalho intensa, principalmente em relação ao levantamento dos aspectos históricos. Isto pode ser um obstáculo a quem se propor trabalhar com NHs no ensino de ciências. Em segundo lugar, os curtos intervalos de tempo entre o planejamento e aplicação das propostas dificultaram o processo e interferiram na qualidade de certas ferramentas de análise, como comentado no capítulo VII. Por esse motivo, acreditamos que futuras aplicações dessa proposta, aperfeiçoadas a partir das reflexões geradas neste trabalho, podem apresentar resultados mais promissores.

Também é importante refletirmos sobre a aplicação das atividades da proposta. Um primeiro ponto que nos chamou a atenção durante toda a implementação do projeto foi a disciplina das turmas nas atividades. A princípio, observamos certa melhora nas duas turmas mais agitadas (turma 2 e 3) durante a repetição das atividades com a segunda e terceira NHs. Nossa análise, nos fez acreditar que houve uma empatia entre os alunos e os textos que auxiliou na captação da atenção das turmas tanto na leitura dos textos, quanto nas discussões. Entretanto, como também apontado na análise, diante dos complexos fatores envolvidos no comportamento dos alunos e na heterogeneidade do grupo (alunos com diagnósticos psicológicos), é difícil tirarmos conclusões sobre a relação entre a aplicação das atividades e a melhora no comportamento. Ainda assim, os resultados são promissores.

Um fator a se considerar neste ponto é a falta de experiência com uma abordagem histórico-filosófica do professor responsável. Isso influenciou tanto a organização e coordenação das atividades em sala de aula, quanto o desenvolvimento das discussões em sala. As discussões foram prejudicadas tanto pelos fatores disciplinares, quanto pela sua falta de experiência.

Nossas análises apontaram bons resultados referentes à utilização de uma abordagem histórico-filosófica ao ensino de ciências. As questões que analisavam o conteúdo científico e histórico apresentaram respostas dos alunos bastante satisfatórias. Desta forma, acreditamos a análise histórica tenha apresentado o conteúdo científico às turmas com mais significado e com destaque à sua importância para a humanidade.

Os três episódios históricos escolhidos apresentaram um grande número de características que ilustraram o processo de construção da ciência. Isso possibilitou a realização das discussões sobre diferentes aspectos da NdC. Apesar de não observarmos nos dados produzidos pelos alunos mudanças significativas nas suas concepções de ciência, encontramos algumas respostas que apontam a uma evolução destas concepções. Acreditamos que um maior número de tempos de aula e a manutenção de disciplinas científicas que trabalhem com uma abordagem histórico-filosófica possam contribuir para este cenário.

Além disso, uma possibilidade para o futuro deste projeto pedagógico seria uma articulação com outras disciplinas, científicas ou não, criando um projeto interdisciplinar. Diante dos episódios históricos selecionados, propomos algumas parcerias entre disciplinas: uma possível ligação está entre a NH – Mayer e a disciplina de História, entre a NH – Priestley e a disciplina de Química e entre a NH – Galvani e Volta e a disciplina de Biologia.

Essas considerações nos levam a defender que as atividades inspiradas pelas NHs possibilitaram discussões, dentre o pouco tempo disponível, em torno a NdC, apresentando-se, assim, como eficazes na construção de uma visão mais humana da ciência através do ensino do conceito de energia.

Referencias Bibliográficas

ALLCHIN, D.; Pseudohistory and Pseudoscience, Science & Education 13, p. 179-195, 2004.

_____. Scientific Myth-Conceptions, Science & Education v. 87, n. 3, pp. 329–351, 2002.

AZEVEDO, M. C. P. S.; Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de ciências. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, cap. 2, 2004.

BACHELARD, G.; La formation del'ésprit scientifique. Paris: J. Vrin, 1947. Tradução por Estela dos Santos Abreu. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BENSAUDE-VINCENT, B.; Lavoisier: uma revolução científica. In: Serres, Michel (Dir.). Elementos para uma história das ciências. Lisboa: Terramar. pp. 239-268, 1996.

BERG, K. C.; Joseph Priestley across Theology, Education, and Chemistry: An Interdisciplinary Case Study in Epistemology with a Focus on the Science Education Context. Science & Education, v. 20, pp. 805-830, 2011.

BERNARDI, W.; The controversy over animal electricity in 18th-century Italy: Galvani, Volta, and others, In: Revue d'histoire des sciences, 2001.

BELL, R.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G.; MCCOMAS, W. F.; MATTHEWS, M. R.; The Nature of Science and Science Education: A Bibliography. Science & Education, v. 10, pp. 187-204, 2001.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K; Investigação qualitativa em Educação – Uma introdução à teoria e aos métodos, Porto Editora, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ministério da Educação. Brasília: MEC; SETEC, 2000.

_____. Exame Nacional de Desempenho de Estudantes, Ministério da Educação, Brasília: MEC; SETEC, 2009.

_____. MEC. INEP. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), *Notas Médias por Escolas dos Concluintes do Ensino Médio*, Disponível em: http://sistemasenem.INEP.gov.br/enemMediasEscola/ , 2008.

BROWN, T.; Luigi Galvani, Dicionário de Biografias Científicas. Benjamin C, ed. Rio de Janeiro: Contraponto; 2007.

CANEVA, K.; Physics and Naturphilosophie: a reconnaissance; History of Science, v. 35, pp. 35-106, 1997.

CARVALHO, A. M. P.; O que há em comum no ensino de cada um dos conteúdos específicos. In: CARVALHO, A. M. P. (Coord.) Formação continuada de professores: uma releitura das áreas de conteúdo, São Paulo, Pioneira Thomson Learning, pp. 1-15, 2003.

_____. e GIL-PÉREZ, D.; Formação de professores de ciências, São Paulo: Scipione, pp. 9-60, 1998.

COELHO, R. L.; On the Concept of Energy: How Understanding its History can Improve Physics Teaching, Science & Education. v. 18, pp. 961-983, 2009.

DELIZOICOV, D.; Assim defendeu Zanetic... In: MARTINS, A.F.P. (org), Física ainda é Cultura?, São Paulo, Ed. Livraria da Física, pp. 47-74, 2009.

DIAS, P.C. A (Im)Pertinência da História ao Aprendizado da Física (um Estudo de Caso); Revista Brasileira de Ensino Física, v. 23, n. 2, 2001.

FORATO, T. C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. de A.; Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, pp. 27-59, 2011.

GEDDES, L. A.; HOFF, H. E.; The discovery of bioelectricity and current electricity. Baylor College of Medicine, Spectrum, v. 8, n. 12, pp. 38-46, 1971.

GOLDRING, H. e OSBORNE, J.; Students' difficulties with energy and related concepts. Physics Education v. 29, n. 26, disponível em: http://iopscience.iop.org/0031-9120/29/1/006, 1994.

GUERRA, A.; MENEZES, A. M.; Literatura na Física: Uma possível abordagem para o ensino de ciências?. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências, Belo Horizonte: UFMG, 2009.

HADZIGEORGIOU, Y.; KLASSEN, S. e KLASSEN, C. F.; Encouraging a "Romantic Understanding" of Science: The Effect of the Nikola Tesla Story, Science &Education Online, 2011.

HEILBRON, J. L.; Alessandro Volta, Dicionário de Biografias Científicas. Benjamin C, ed. Rio de Janeiro: Contraponto; 2007.

_____. Some connections among heroes, Revista History of Science, v. 54, n. 1, pp. 11-28, 2001.

HEIMANN, P. M.; Mayer's Concept of "Force": The "Axis" of a New Science.Historical Studies in the Physical Sciences, v. 7, pp. 277-296, 1976.

HÖTTECKE, D. e SILVA, C. C.; Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. Science & Education, v. 20, pp. 293-316, 2011.

INEP. Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA). Disponível em: http://www.INEP.gov.br/download/internacional/pisa/PISA2006-Resultados_internacionais_resumo.pdf, 2006.

KLASSEN, S.; Portrayal of the History of the Photoelectric Effect in Laboratory Instructions, Science & Education, online, 2011.

_____. The Relation of Story Structure to a Model of Conceptual Change in Science Learning, Science &Education, v. 19, pp. 305–31, 2010.

_____. The construction and analysis of a science story: a proposed Methodology. **Science & Education**, v. 18, p. 401-423, 2009a.

_____. Identifying and Addressing Student Difficulties with the Millikan Oil Drop Experiment, Science & Education, v. 18, pp. 593-607, 2009b.

_____. The application of Historical Narrative in Science Learning: The Atlantic Cable Story. **Science & Education** v. 16, p. 335-352, 2006.

KUBLI, F.; Can the Theory of Narratives Help Science Teachers be Better Storytellers?, Science & Education, v. 10, pp. 595–599, 2001.

KUHN, T. S.; Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery. In *The Conservation of Energy and the Principle of Least Action*, ed. Cohen, New York: Arno Press, 1981.

LEDERMAN, N.G. e ABD-EL-KHALICK, F.; The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science, Journal of Research in Science Teaching, v. 37, n. 10, pp. 1057-1095, 2000.

MARTINS, A. F. P.; História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho, Caderno brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 1, pp. 112, 131, 2007.

MARTINS, R. A.; Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de "ares" e os seres vivos. Filosofia e História da Biologia, v. 4, pp. 167-208, 2009.

_____. Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. Acta Scientiarium, v. 21, n. 4, pp. 823-835, 1999.

_____. Abordagens, métodos e historiografia da história da ciência. In: MARTINS, Ângela Maria (ed.) *O tempo e o cotidiano na história.* São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1993. (série Ideias, 18) pp. 73-78, 1993.

_____. Sobre o papel da história da ciência no ensino, Boletim da Sociedade Brasileira da História da Ciência**,** v. 9, p. 3-5, 1990.

_____. Mayer e a conservação da energia. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, v. 6, pp. 63-95, 1984.

MATTHEWS, M. R.; História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 12, n. 3, pp. 164-214, 1995.

_____. Science and Worldviews in the Classroom: Joseph Priestley and Photosynthesis, Science & Education, v. 18, pp. 929-960, 2009.

MAYER, J. R.; Remarks on the Mechanical Equivalent of Heat.Philosophical Magazine and Journal of Science, v. 25, n. 171, pp. 493 -522, 1863, tradução do artigo de 1851.

MCCOMAS, W. F.; Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science, Science & Education, v. 17, pp. 249-263, 2008.

_____. e ALMAZROA, H.; The Nature of Science in Science Education: An Introduction, Science & Education, v. 7, pp. 511-532, 1998.

METZ, D.; KLASSEN, S.; MCMILLAN, B.; CLOUGH, M.; OLSON, J.; Building a Foundation for the Use of Historical Narratives, Science & Education, v. 16, pp. 313–334, 2007.

MILLAR R., OSBORNE J. (eds.); Beyond 2000: Science Education for the Future, King's College London, School of Education, London, UK, 1998.

MORUS, I. R.; Galvanic cultures: electricity and life in the early nineteenth century. Endeavour, v. 22, n. 1, 1988.

NORRIS, S.P.; GUILBERT, S.M.; SMITH, M.L.; HAKIMELAHI, S.; PHILLIPS, L.M.; A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science, publicado online em 27 de Maio na Wiley InterScience: www.interscience.wiley.com, 2005.

OSBORNE, J.; COLLINS, S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R.; DUSCHL, R.; What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. Journal of Research in Science Teaching, v. 40, n. 7, pp. 692–720, 2003.

PAGLIARINI, C. R. e SILVA, C. C.; History and Nature of Science in Brazilian Physics Textbooks: Some Findings and Perspectives. Ninth International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Calgary/Canada, June 24 – 28, 2007.

PRAXEDES, G. e JACQUES, V.; O Princípio de Conservação da Energia: A convergência dos diferentes sentidos, Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.

PEDUZZI, L. O. Q.; Física Aristotélica: Por que não considera-la no ensino da mecânica?, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.13,n1: p.48-63, 1996.

PILIOURAS, P.; SIAKAS, S.; SEROGLOU, F.; Pupils Produce their Own Narratives Inspired by the History of Science: Animation Movies Concerning the Geocentric–Heliocentric Debate, Science & Education v. 20, n. 7-8, pp. 761-795, 2010.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A.; O Papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania, Ciência & Educação, v. 13, n. 2, pp. 141-156, 2007.

SCHIFFER, H.; GUERRA, A.; A utilização de narrativas históricas na construção do conceito de energia: um estudo de caso. Trabalho apresentado no ENPEC, Campinas, São Paulo, 2011.

SCHOFIELD, R. E.; Joseph Priestley, Dicionário de Biografias Científicas. Benjamin C, ed. Rio de Janeiro: Contraponto; 2007.

SHELLEY, M.; Frankenstein (*Prefácio*). Porto Alegre: L&PM, 1999.

SMITH, C.; The Science of Energy: A cultural history of energy physics in Victorian Britain, The University of Chicago Press, 1998.

SOUSA, C. M. S. G. e FÁVERO, M. H.; Concepções de Professores de Física sobre a Resolução de Problemas e Ensino de Física. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 3, n. 1, pp. 58-69, 2003.

STINNER, A.; McMILLAN, B. A.; METZ, D.; JILEK, J. M.; KLASSEN, S.; The Renewal of Case Studies in Science Education; Science & Education, v. 12, pp. 617–643, 2003.

VALENTE, M.; Uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de energia: contributo para uma didática crítica, TESE de Doutorado em Ciências da Educação, Lisboa – FCT, UNL, 1999.

APÊNDICE I – 1ª Narrativa Histórica

As *forças* de Mayer

"*A partir destas ideias, a natureza se apresenta em simples beleza e qualquer um pode compreender muito o que os filósofos mais instruídos não o fazem*" - Robert Mayer

Sempre acreditei que as grandes mentes da humanidade seriam reconhecidas, idolatradas e que suas contribuições para o conhecimento humano as marcassem na memória de gerações futuras. Como eu estava errado.

No dia 20 de março de 1851 eu viria a conhecer uma destas figuras em um lugar um tanto quanto inesperado: o Sanatório de Carson City. Meu nome já foi esquecido pelos anos que vivi dentro destas paredes por condenarem um dos meus grandes talentos: prever o futuro analisando o formato de gravetos; mas o nome deste senhor eu nunca mais esqueceria. Julius Robert Mayer estava sendo internado por uma razão que realmente me surpreendeu: uma tentativa fracassada de suicídio. Em poucos dias eu iria me aproximar desta figura para entender o porquê de tal desespero que o atingira.

Enquanto nossa intimidade crescia, descobria que ele havia nascido em Heilbronn, Alemanha, no tempo em que esta cidade rural começava a ver as linhas ferroviárias rasgar suas plantações e as máquinas, trazidas do exterior, fortificar suas novas indústrias. Seu pai e seu irmão mais velho, ambos farmacêuticos, trariam sempre à sua casa máquinas, instrumentos e outros aparatos químicos, botânicos e mecânicos da época. Mayer, incentivado por eles, tornar-se-ia médico, mas sempre me lembrava, durante nossos almoços, do gosto que tinha quando criança de observar moinhos de vento ou rodas d'água trabalhando incansavelmente. De acordo com ele, este hábito lhe traria uma ideia: será possível uma máquina que funcionaria para sempre, sem a necessidade do vento ou de carvão para "alimentá-la"? Creio ser estranho um médico que trabalhe com questões científicas distantes da sua atuação, mas este não desistiu de buscar respostas a estas questões.

Sempre achei curioso o fato de Robert ser tão religioso e apresentar uma espiritualidade tão elevada. Por mais que nossas crenças divergissem, respeitei sua posição que sempre havia lhe ajudado diante de momentos difíceis. Ainda assim não entendia sua tentativa de suicídio, pois durante sua vida ele havia perdido três filhos e ainda assim mantinha-se de pé. Algo a mais teria ocorrido naquele mês de março que eu desconhecia.

Certo dia, enquanto passeávamos entre as árvores de Carson City, Mayer me contaria sobre uma grande viagem que havia realizado como médico de um navio para certas colônias holandesas localizadas na Ásia. O hábito de realizar ‘sangrias’ em sua tripulação motivou uma observação que lhe causou espanto. Ele percebeu e confirmou que havia uma diferença na cor do sangue venoso entre quando os marinheiros estavam em climas tropicais e quando se encontravam em climas frios. No clima gélido da Alemanha, o sangue venoso mostrava uma cor mais escura, logo um sangue mais ‘pobre’ e Mayer associou este desgaste maior do sangue com a perda de calor do corpo humano com o ambiente!

Comecei a entender por que este louco estava aqui, mas ele continuou a me surpreender e provar minha ignorância. Desistindo de sair do navio nos portos cheios de diversão, Mayer ficaria constantemente trabalhando na sua grande ideia que veio a chamar de *força*. Não exatamente a força que conhecemos, mas algo que existe em todo o universo, seja nos moinhos de vento ou nos seres vivos. Ela transformar-se-ia a toda hora, de uma forma em

outra, mas ainda assim perpetuando de forma geral em uma *forçaindestrutível*, o que possibilitaria a existência do universo.

Pensando bem, estas tais *forças* são muito estranhas. Para alguém que imagina o mundo composto somente por matéria, coisas tocáveis, imaginar algo tão imaterial é um grande desafio. A meu ver, a única coisa no universo que é indestrutível e se conserva é a matéria, mas parei de pensar e deixei-o falar.

Enquanto Mayer ainda estava eufórico com suas lembranças, avistamos um moinho de vento ao longe e, inesperadamente, ele começou a correr em sua direção. Os muros nos impediram, mas chegamos o mais perto possível enquanto ele, ofegante, me explicava:

- O funcionamento deste moinho não está distante do funcionamento do meu corpo. Ambos necessitam de um 'alimento', seja o vento ou minha maçã e ambos desprendemos, inevitavelmente, uma *força* enquanto funcionamos. Você sabe sobre o que estou me referindo?

- Dejetos? Bem, o moinho não libera nada...

- Não, calor! Desta forma este moinho nunca poderia funcionar para sempre se apenas sofresse um leve empurrão, pois esta *força* se ‘perderia’ em forma de calor, logo precisamos de ventos constantes para alimentá-lo e fazê-lo moer nosso trigo. Igualmente meu corpo libera calor por funções internas e pelo atrito entre ossos, músculos e ligamentos.

Algo começou a fazer sentido, ainda que não estivesse claro pra mim. Mayer estaria me afirmando que existem certos tipos de *força* que reconhecemos ao nosso arredor, seja na Terra ou no universo, como, por exemplo: uma *força* contida em objetos em movimento, a *força* de um objeto que é largado de certa altura e o calor contido nos corpos. Poderíamos, em tese, transformar uma nas outras, como um corpo em queda ganhando velocidade e esquentando o local onde colide. Além da mecânica, também encontraríamos *forças* de natureza elétrica, magnética e química, como nas pilhas de Alessandro Volta.

Desta forma, este médico adentrou em um universo de cientistas incrédulos com suas afirmativas e com a sua ousadia de misturar o mundo de corpos orgânicos e inorgânicos. Inclusive, o modo como ele escrevia, com tantas analogias e imagens bonitas de exemplos na natureza não lhes trouxeram o reconhecimento devido. Não foram poucos os que atacavam suas ideias 'poéticas' e sua audácia de chamar seus artigos de 'científicos', com o pouco domínio da linguagem científica e matemática que apresentavam.

Aí que veio o golpe de misericórdia. Em uma noite silenciosa, enquanto os loucos deliravam em seus sonhos, Mayer me contou a sua grande frustração. Ele havia tomado como desafio agir como um pesquisador da época e usar a matemática como porta-voz das suas ideias. Seu objetivo seria mostrar que o movimento se transforma em calor e que podemos *medir* esta transformação, de modo que poderíamos levar este cálculo a qualquer atividade!

Seus experimentos corriam bem, os cálculos mostravam resultados e muitas conclusões se provariam corretas, resultando em um *coeficiente de conversão entre movimento e calor*, que, para ele, era sua obra-prima. Mas o destino não seria tão doce com suas expectativas. Outro cientista, um inglês chamado James Prescott Joule estaria trabalhando na mesma conversão e com resultados um pouco melhores. A comunidade científica, diante de ambos os trabalhos, resolveu louvar o sucesso do inglês e ignorar os esforços do ousado médico. A rejeição encontraria um Mayer já abatido pela morte de um filho e seria o gatilho para sua tentativa de suicídio.

Escrevo isso no dia 21 de junho de 1853 e meu caro amigo está me deixando. É maravilhoso vê-lo mais saudável e inspirado para voltar às suas pesquisas. Já que estão me ouvindo, posso lhes adiantar alguns dos anos seguintes na vida desta figura ilustre: Mayer irá voltar à busca de aperfeiçoar o *coeficiente* e encontrará valores próximos aos aceitos daqui a 150 anos! Além disso, sua tentativa de união entre os mundos orgânico e inorgânico trará à ciência uma visão revolucionária, um novo caminho a seguir. E mesmo assim seus resultados ainda serão questionados e não totalmente aceitos nas próximas décadas. Vocês podem até me perguntar como é que eu sei de tudo isso. Bem, os gravetos não mentem, certo?

APÊNDICE II – 2ª Narrativa Histórica

Priestley e a busca de novos “ares”

“A contemplação das criações de Deus é a busca de um homem virtuoso.” - Joseph Priestley

Uma casa queimava. Estantes estalavam e ruíam, rompendo escrivaninhas e mesas repletas de experimentos. Livros, trabalhos pessoais e anotações alimentavam um fogo incessante que consumia parte do trabalho de uma vida. O reflexo do fogo nos olhos de Joseph Priestley não era o suficiente para fazê-lo acreditar no que acontecia. Seu único pensamento consistia em: *Como chegamos a isso?* Estamos em 1791 e a casa de um famoso filósofo natural queimava.

Priestley se perguntava se sua vida corria perigo, enquanto a adrenalina trazia o início de sua vida aos seus olhos: sua juventude em Yorkshire, Inglaterra, atuando como um pastor cristão, havia lhe proporcionado uma boa educação. Em paralelo, o contato com trabalhos revolucionários sobre mecânica lhe inspirou a trabalhar com ciência e tornar-se um pensador expoente do Iluminismo, em uma época em que a razão e a superstição duelavam na Europa. Em suas constantes viagens por inúmeras cidades rurais Priestley abriu diversas escolas, incentivando jovens a trabalhar em laboratórios, com o objetivo de desvendar e compreender os mistérios deste mundo criado por Deus.

Mas, naquele momento, o seu próprio laboratório era consumido pelas chamas. ‘Quantos experimentos havia realizado ali’, pensou Priestley. Os mesmos que haviam mudado a visão científica da estrutura do ar e lhe marcado na história da ciência! Era incrível pensar que, desde Aristóteles, tantas ideias diferentes haviam sido construídas sobre esta substância que nos envolve. Priestley nunca havia conseguido concordar com a imagem do ar como um elemento único e não divisível. Como acreditar nisso, quando sabemos que há “ares" que nos são nocivos, além do fogo precisar de um “ar rico” para manter-se aceso? Ironicamente, parte da questão encontrava-se na sua frente, consumindo não apenas ar, mas parte de sua vida.

Se uma simples vela, em pouco tempo, era o suficiente para arruinar a ‘qualidade’ do ar de um pequeno cômodo, então como a vida poderia existir em um planeta onde vulcões (e incêndios) agiam constantemente? Deus teria que ter criado alguma solução para manter a vida diante do alto consumo do “ar” pela combustão e era do encargo dos homens destrinchar este mistério. Não lhe surpreendeu quando um filósofo natural escocês, chamado Joseph Black conseguiu isolar e identificar um “novo ar”, hoje chamado de dióxido de carbono, diferente do ar atmosférico, o que abria as portas para o estudo de “ares” diferentes e separáveis.

Utilizando um novo método para coletar ar a partir de certa quantidade de água, Priestley isolou e listou a propriedade de diversos “ares” diferentes. Durante 30 anos conseguiu identificar e nomear mais de dez novos gases. Nomes como oxigênio e hidrogênio tomaram o lugar dos nomes escolhidos por ele, como ‘ar inflamável’, mas suas descobertas o levariam a ganhar a Medalha Copley, o mais cobiçado prêmio para trabalhos científicos da época. A medalha! A tensão não o deixava lembrar se ela estava ou não em sua casa, mas de certo modo aquilo não era mais importante. Sua maior questão agora era sua segurança frente ao rei e à Igreja.

Ter um nome reconhecido apresenta certas desvantagens. Seu mérito conquistado por tantas contribuições à ciência lhe deu voz, mas ninguém havia lhe alertado dos perigos de usá-la. A busca pelo conhecimento e pela verdade deveria ser o objetivo de todos os homens, armados unicamente com a razão. Frente a isso, o autoritarismo e absolutismo da Igreja e do Estado seriam obstáculos à busca do homem e deveriam ser rejeitados. Defender esta posição levou Priestley a apoiar, mesmo à distância, um movimento com tais valores que surgia e se

insurgia contra a Igreja e a Monarquia: A Revolução Francesa. Agora estava claro que a disputa lhe custaria mais que palavras de apoio.

Fora exatamente um grupo de religiosos, incentivados por figuras políticas, que havia incendiado sua casa. Não havia mais volta, Priestley sabia que esta perseguição estava longe do fim e que sua casa havia sido um aviso. Ainda assim, mal sabia ele que, três anos após este incêndio, um dos maiores filósofos naturais da época viria a sofrer consequências ainda piores da revolução: Antoine Lavoisier seria decapitado em praça pública.

Dezessete anos antes do incêndio, o próprio Lavoisier havia tomado conhecimento dos trabalhos sobre os 'novos ares', valendo a Priestley um convite para um jantar em Paris em companhia de outras grandes mentes da época. Neste jantar, marcado na história, Priestley apresentou suas ideias a uma mesa de ouvintes atenciosos e perplexos. Em meio ao melhor da cozinha francesa, discursou sobre seus novos objetivos: diante do alto consumo de "ar desflogisticado" (hoje chamado de oxigênio) na combustão, deveria haver algum processo natural de renovação do ar e ele suspeitava que a resposta lhe estivesse muito próxima.

Cinquenta anos antes (1727), um filósofo natural chamado Stephen Hales havia mostrado que as plantas, como os animais, também absorviam ar constantemente. Priestley iria além, suspeitando que elas tivessem um importante papel na renovação deste. Ao voltar a Yorkshire, ele realizaria experimentos que apontariam que animais e plantas não processam o ar da mesma forma. Ao constatar que animais, como pequenos ratos, sobreviviam em recipientes de vidro fechados com plantas dentro, ele reconheceu o papel destas na renovação do ar. Bastaria, então, quantificar a qualidade do ar restaurado pelas plantas para que sua descoberta ganhasse o mundo.

Assim, ele chegaria a resultados que poderiam lhe render mais de uma Medalha Copley, mas que não o fizeram. De acordo com suas observações, as plantas seriam as principais responsáveis pela renovação do ar terrestre, absorvendo gás carbônico (ar pobre) e liberando oxigênio (ar rico). Ao contrário dos aristotélicos, que viam na raiz a "boca" das plantas, Priestley mostrou a importância das folhas para o processo de renovação. Entretanto, havia uma grande dificuldade em seus estudos no laboratório. As plantas apresentavam maior crescimento e eficácia na renovação do ar quando estavam em ar puro, fora do laboratório. Seria, então, em 1778 que ele encontraria uma peça essencial à sua equação: a luz solar. Seus experimentos neste ano refinaram a teoria desenvolvida em 1772 e Priestley via-se 'desvendando' mais um mistério da criação divina. Não somente as plantas possibilitariam a vida na Terra, mas o grande responsável pela nossa existência seria o Sol.

Então, eis que o Sol apareceu e Priestley ainda pensava no jantar em Paris, enquanto observava os restos de sua casa. Passariam mais três anos de medo, enquanto as perseguições continuavam, para que Priestley decidisse fugir da Inglaterra. Seu novo e final destino seria a Pensilvânia, nos EUA, onde viveria seus últimos dez anos de vida. Decidiu viver com menos trabalho e menos preocupações, mas ainda assim com grande reconhecimento na comunidade científica, além de sua cabeça ainda ligada ao pescoço.

APÊNDICE III – 3ª Narrativa Histórica

Eletricidade e Força Vital: a controvérsia Galvani x Volta

Mary rodeava seus aposentos mantendo um passo descontínuo enquanto tateava seus pertences com suas mãos ansiosas. Parecia buscar algo que já não se recordava, mas sabia que o fazia sem objetivo, na esperança de ocupar sua mente para que o tempo passasse mais rápido. Sua ansiedade angustiante era causada pelos dois lugares que seu pai conseguiu em uma concorrida apresentação que rodeava a Europa e havia chegado à sua cidade, Londres.

Esta não era uma apresentação artística envolvendo ícones da dramaturgia ou da dança, como na tradição da cidade. Mary compareceria a uma exímia demonstração científica liderada por Aldini Galvani. Este buscava divulgar pelas grandes cidades os novos conhecimentos científicos conquistados em uma área que começava a atrair a atenção de toda a Europa: a Eletricidade.

Chegada a hora, William, o pai de Mary, despediu-se de seus criados, deixando seus aposentos em direção aos de sua filha. Pego de surpresa, ele a encontra, já arrumada, no hall de entrada da sua luxuosa casa. Pai e filha, ambos apresentando um nervosismo disfarçado, seguem em direção à carruagem da família que os levaria ao anfiteatro local. Entrando no local da apresentação Mary localiza seus lugares, um pouco afastados do palanque central, e indica ao seu pai o caminho a seguir. Ao olhar ao redor de sua poltrona encontra diversas figuras conhecidas de sua cidade chegando aos montes. De grandes comerciantes a políticos famosos, todos se acomodam em seus lugares, aguardando o que o famoso cientista lhes traria esta noite.

Frente a um silêncio da plateia não pedido, Aldini interrompe pelas escadas, causando um suspiro uníssono entre os presentes. Junto a ele, ajudantes trazem materiais envoltos em panos e dentro de caixas suficientemente grandes para dois homens carregarem. Com os materiais posicionados na grande mesa e com a retirada dos ajudantes, Aldini se direciona à plateia:

- Senhoras e senhores, bem vindos a minha humilde apresentação. Hoje vos trago experiências inesquecíveis, que irão lhes aterrorizar em suas camas. Muitos tentarão desmentir o que será reproduzido aqui esta noite, entretanto, nos experimentos vindouros vos trago as últimas conquistas científicas feitas por mim e pelo famoso cientista, Luigi Galvani, meu tio. Sem mais demoras, iniciaremos do menos estarrecedor e ascenderemos às mais impressionantes experiências enquanto nossa plateia ainda tiver fôlego.

Seus ajudantes posicionam alguns instrumentos na mesa, além de uma bandeja com algo que parece a Mary ser pequenas patas de algum animal. O cientista retira de uma bolsa algumas pinças feitas de materiais com cores diferentes, voltando aos espectadores:

- Como podem ver tenho em minha frente corpos de rãs dissecados, logo completamente mortos, ao menos que alguém duvide! – e em meio a risos nervosos, continua – Seleciono então duas pinças dentre as colocadas aqui, compostas por metais diferentes, e uno as duas com um fio metálico. Aos conhecedores de anatomia, posicionarei cada ponta livre das pinças em uma parte do nervo da perna da nossa cobaia. Peço a total atenção de todos ao que irá ocorrer.

Sem perceber que já estava em pé, Mary testemunha o que seus olhos recusam a acreditar. Ao conectar as pinças como descrito, a perna da rã, separada e dissecada, apresentou uma contração, um movimento de recuo que se assemelhava ao seu movimento natural enquanto viva. Aldini não se refreou com o espanto geral do recinto, continuando a sua apresentação ao posicionar as pinças em outras partes das rãs, fazendo nervos se contraírem tanto das suas cobaias, quanto da plateia, incrédula com o que assistia.

- Como meu tio inicialmente propôs há 25 anos, em 1791, os resultados obtidos apenas com estes metais tendem a comprovar que há algo no corpo destas rãs que é liberado com o contato daqueles. As contrações não mentem que estas rãs experimentam algum fenômeno

elétrico. Ouso concordar com meu tio que seus corpos produzem ou contém algum fluido nervoso, o qual estamos possibilitando a liberação com o contato com tais metais. Mas há quem tenta nos sabotar, questionando a limitação de nossos experimentos com os corpos de simples rãs. Assim, para a segunda parte desta apresentação, trago-lhes novas cobaias.

Em seguida, seus assistentes exibem novas bandejas com partes de corpos de cachorros dissecados, além de cabeças de bois, enquanto Aldini segue repetindo os mesmos procedimentos. Estes novamente resultam em contrações aterradoras enquanto William assiste à sua filha, de apenas 18 anos, assustada e de pé em frente a sua poltrona. Entretanto, nenhum dos dois suspeitava o que a terceira parte da apresentação lhes traria. Uma maca é levada à frente da mesa e descoberta, revelando um corpo humano nu.

- Lhes apresento Forster, um famoso assassino, culpado e executado pela morte de sua esposa e filha. Sua única contribuição em vida, ou melhor, na Terra será nos auxiliar a comprovar a existência deste *fluido nervoso* em nós, seres humanos. Para efeitos mais intensos, utilizaremos de uma sequência de metais diferentes, para facilitar a liberação do fluido.

Uma pequena torre, composta pelo empilhamento alternado de dois metais com cores diferentes foi retirada de uma caixa e posicionada em pé ao lado do cadáver. Aldini conecta fios metálicos nas extremidades da torre e inicia as demonstrações no ex-assassino. Na primeira aplicação do processo na sua face, a mandíbula do criminoso começou a tremer, os músculos adjacentes se contorceram horrendamente e um olho realmente se abriu. Na sequência de posições dos fios uma mão se levantou e cerrou, pernas e coxas foram postas em movimento.

Mary pouco se lembrou do restante, encontrando-se no momento em que ela e o pai caminhavam de volta para casa em concordância que precisavam de um momento para refletir.

- Está muito calada, Mary, o que lhe perturba?

- O que não me perturba seria a pergunta. A que ponto estes cientistas estão chegando. Não seria perigoso tentarmos controlar a essência do nosso corpo, mexermos com a vida em si?

- Filha, o que lhe garante que aquilo que eles chamam de fluido elétrico está vindo do animal em si? Note que em todos os experimentos o cientista utiliza não somente metais, mas metais diferentes. O próprio Alessandro Volta, que já havia notado isso. Volta defende assiduamente que a eletricidade provém do encontro entre estes metais e não do animal. Este serviria apenas de condutor da eletricidade, não criador ou armazenador. Foi justamente baseado nesta ideia que ele criou aquela pilha, que o próprio Aldini utilizou no cadáver. Esta pilha deveria provar de uma vez por todas que este fluido elétrico não vem dos animais, mas sim dos metais, entretanto muitos ainda discordam do seu efeito. Talvez Volta devesse realizar apresentações como as de Aldini para conquistar o público.

As explicações do pai acalmaram Mary frente aos “horrores” assistidos, entretanto ainda restavam dúvidas em relação a isso que chamam de eletricidade. Mary estranhava que este mesmo nome estava associado tanto à pilha, quanto a outros fenômenos, como a eletrização por atrito ou por condução. Meio a tantos questionamentos, Mary refletia frente a um bastante intrigante:

- Pai, me diga uma coisa. Vimos os movimentos daqueles animais e do pobre homem quando conectaram a tal pilha em seus músculos e nervos. Eles pareciam tão vivos! O que aconteceria se aumentasse a pilha, conectando uma duas, três, dez vezes maior em seus corpos? Talvez eu esteja fantasiando, mas seria possível fazermos aqueles corpos voltarem à vida?

Após alguns segundos de silêncio seu pai se rende à pergunta:

- Filha, essa é uma questão sobre a qual nem consigo imaginar uma resposta, mas uma coisa é certa: isso daria uma história de terror incrível!

APÊNDICE IV – QUESTIONÁRIOS

NH MAYER

Turma – 901	
1	2
1. O que o texto tem a ver com a energia? 2. O fato de ser religioso não atrapalhou suas descobertas? 3. Porque Mayer resolveu ser cientista? 4. Porque ele se interessou por energia? 5. Porque a cor do sangue muda com a temperatura? 6. O que é uma força indestrutível? 7. O que é um coeficiente de conversão entre movimento e calor? 8. Porque ele introduziu o texto falando de sangue?	1. Porque ele tentou suicídio, se era tão religioso? 2. O fato de ser religioso não atrapalhou suas descobertas? 3. Porque ele se interessou por energia? 4. Porque a sociedade ignorou os esforços do ousado médico Robert Mayer? 5. Porque a cor do sangue muda com a temperatura? 6. O que o texto tem a ver com a energia? 7. Seria possível uma máquina que trabalhasse para sempre sem ter que alimentá-la? **8.** A descoberta de Mayer ajudou em alguma coisa?

Turma – 902	
1	2
1. Porque ele tentou se matar? 2. Qual dos fatores Mayer dava mais importância? A religião ou a ciência, visando principalmente a energia? 3. Porque Mayer se tornou médico, se ele gostava de física? 4. A força é igual a energia? Se não, qual a diferença? 5. Como ele descobriu a existência das forças? 6. O que é um coeficiente de conversão entre movimento e calor? 7. Porque o sangue muda de cor com a temperatura? 8. Seria possível uma máquina que trabalhasse para sempre sem ter que alimentá-la? 9. A descoberta de Mayer ajudou em alguma coisa?	1. Porque ele tentou suicídio, se era tão religioso? 2. Qual dos fatores Mayer dava mais importância? A religião ou a ciência, visando principalmente a energia? 3. Porque ele se interessou por energia? 4. Como um médico se interessa por assuntos tão diversos? 5. Quais as principais diferenças entre força e energia? 6. O que é um coeficiente de conversão entre movimento e calor? 7. Porque a cor do sangue muda com a temperatura? 8. O que o texto tem a ver com a energia?

Turma 903	
1	2
1. Porque ele tentou se matar? 2. Porque Mayer se tornou médico, se ele gostava de física? 3. Porque a sociedade ignorou Robert e preferiu James? Ele tinha algum tipo 4. de desvantagem? 5. A força é igual à energia? 6. O que é uma força indestrutível? 7. Porque o sangue muda de cor com a temperatura? 8. Qual seria a definição de energia, o seu conceito segundo Mayer? 9. Seria possível uma máquina que trabalhasse para sempre sem ter que alimentá-la? 10. A descoberta de Mayer ajudou em alguma coisa?	1. Qual sua importância (Mayer) dentro do estudo da Física? 2. Qual dos fatores Mayer dava mais importância? A religião ou a ciência, visando principalmente a energia? 3. A força é igual a energia? Se não, qual a diferença? 4. O que é uma força indestrutível? 5. O que é 'forças de natureza eletromagnética'? 6. O que é um coeficiente de conversão entre movimento e calor? 7. O que é a mistura de dois corpos orgânicos e inorgânicos? 8. Porque Mayer apresentar uma grande religiosidade causa curiosidade no autor? 9. A descoberta de Mayer ajudou em alguma coisa?

NH – Priestley

Questionário 1	Questionário 2
1. Porque Priestley acreditava que a contemplação das criações de Deus é a busca de um homem mais virtuoso? 2. Porque Priestley apoiava os ideais da Revolução Francesa? 3. Como ele decidia como os gases descobertos seriam chamados? 4. Diga um motivo que o levou a investigar a renovação do ar? 5. Nomeie três gases que ele descobriu (nome antigo ou nome atual). 6. Descreva como ocorre o processo chamado fotossíntese? 7. Qual a importância das folhas para o processo de fotossíntese? 8. Como o ar influencia na propagação e permanência do fogo? 9. Porque a luz solar possibilita a renovação do ar? Explique como.	1. Para Priestley, o autoritarismo e absolutismo da Igreja e da Monarquia seriam obstáculos ao quê? 2. Diga um motivo que o levou a investigar a renovação do ar? 3. O que é a 'renovação' do ar? Porque ele chamava o ar de 'ar rico'? 4. Nomeie três gases que ele descobriu (nome antigo ou nome atual)? 5. Como ocorre a fotossíntese? 6. Qual a importância das folhas para o processo de fotossíntese? 7. Como o ar influencia na propagação e permanência do fogo? 8. Porque a luz solar possibilita a renovação do ar? Explique como. 9. Aponte práticas utilizadas que contribuíram para as pesquisas sobre o processo de renovação do ar?

NH – Galvani e Volta

1. Para Aldini, qual era o papel dos metais nas experiências?
2. O que seria esse fluido nervoso? De acordo com os Galvani's, como ele funciona?
3. Porque os galvanistas comparavam os corpos de animais com Garrafas de Leyden?
4. Esse fluido nervoso provém dos seres vivos ou dos metais?
5. A partir de que interpretação a pilha de Alessandro Volta foi criada?
6. Porque os defensores do vitalismo relacionaram a eletricidade com a vida ou força vital após os experimentos de Galvani e seguidores?
7. Porque Mary tinha a dúvida que se aumentassem o número de pilhas poderíamos fazer o corpo voltar à vida?
8. O que você acha que aconteceria com um corpo humano se fossem ligadas pilhas com muito mais potência em seus membros?
9. Aponte dois motivos, científicos, experimentais, sociais, práticos, supersticiosos ou religiosos, para a não aceitação imediata da pilha voltaica pela comunidade científica e pela sociedade como um todo.