

Felipe Damasio

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UMA
ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA DE PAUL FEYERABEND
PROCURANDO PROMOVER A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA CRÍTICA**

Tese submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Educação Científica e
Tecnológica da Universidade Federal
de Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Doutor em Educação
Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz O. Q.
Peduzzi

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Damasio, Felipe

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UMA
ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA DE PAUL FEYERABEND
PROCURANDO PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA
CRÍTICA / Felipe Damasio ; orientador, Luiz O. Q.
Peduzzi, 2017.

404 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, , Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. visão
crítica da aprendizagem significativa. 3.
Epistemologia de Paul Feyerabend. 4. História e
Epistemologia da Ciência. 5. Educação Científica e
Tecnológica. I. O. Q. Peduzzi, Luiz. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III.
Titulo.

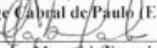


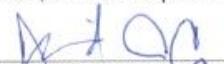
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

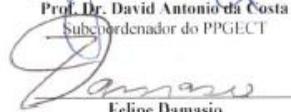
**“História da ciência na educação científica: uma abordagem
epistemológica de Paul Feyerabend procurando promover a
aprendizagem significativa crítica”**

Tese submetida ao Colegiado do Curso
de Doutorado em Educação Científica
e Tecnológica em cumprimento parcial
para a obtenção do título de Doutor
em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 05 DE MAIO DE 2017

Dr. Luiz Orlando de Quadros Peduzzi (Orientador - PPGET/UFSC): 
Dr. Bernardo Walmot Borges (Examinador - UFSC/Campus
Araranguá): 
Dr. Walter Antonio Bazzo (Examinador - PPGET/UFSC): 
Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paula (Examinadora - Instituto de
Física/UFMT): 
Dra. Neusa Teresinha Massoni (Examinadora - Instituto de
Física/URGS): 
Dr. Olivier Allain (Examinador - IFSC/CERFEAD): 
Dr. José Francisco Custódio Filho (Examinador Suplente -
PPGET/UFSC): _____
Dr. José Claudio de Oliveira Reis (Examinador Suplente - UERJ): _____


Prof. Dr. David Antonio da Costa
Subordinador do PPGET


Felipe Damasio
Florianópolis, Santa Catarina, 2017

Pense nas possibilidades.
Carl Sagan

É inútil ter certeza.
Humberto Gessinger

RESUMO

Uma educação científica voltada unicamente para a resolução de problemas típicos caracteriza-se por um perfil dogmático, fechado e ahistórico, disseminando concepções problemáticas do fazer e do conhecimento científico. Pesquisadores tem defendido que a educação científica deve contemplar conteúdos *sobre* ciência de modo a contribuir para o desenvolvimento de competências necessárias à formação do cidadão do século XXI. Isso não significa negligenciar a educação *em* ciências, mas agregar novos conteúdos na busca de uma educação *em, sobre e pela* ciência. O desenvolvimento de uma cidadania na contemporaneidade, que é caracterizada por ser um tempo de mudanças rápidas e drásticas, passa por uma aprendizagem que não deve ser só significativa, mas também subversiva. Este tipo de aprendizagem pode ser entendido como uma estratégia para a sobrevivência necessária na sociedade atual. A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Marco Antonio Moreira pode ser um importante aporte para uma educação útil a um cidadão na sociedade contemporânea. Ela se fundamenta não só na teoria original de Ausubel, mas em grande parte nas ideias dos educadores estadunidenses Neil Postman e Charles Weingartner que sugere um ensino subversivo em todas as disciplinas por meio da abordagem de sua história. Desta forma, podem-se formar indivíduos que compreendam que o conhecimento não é uma coisa fixa, mas um estágio de desenvolvimento humano, com passado, presente e futuro. Especificamente em relação à educação científica, Postman ressalta que além de ensinar ciência por meio de sua história, seria muito proveitoso também ensinar sua filosofia. Discutir explicitamente a filosofia da ciência é sair da corrente principal da educação científica, segundo o educador. Ele, no entanto, reconhece as dificuldades da proposta, como a falta de materiais instrucionais e formação adequada de professores. Nem sempre, no entanto, conforme se defende nesta tese, a abordagem de história e filosofia da ciência pode contribuir para um ambiente no qual se fomente um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. Visões racionalistas de ciência, como as de Karl Popper e Mario Bunge, se afastam de um ambiente subversivo. Já uma visão relativística de ciência, como a de Paul Feyerabend, é coerente e complementar com uma educação que visa formar pessoas flexíveis, inquisitivas, criativas, inovadoras e tolerantes. Desta forma, uma abordagem explícita de história e filosofia da ciência pode favorecer uma aprendizagem significativa crítica quando sustentada por uma visão relativística de ciência. Para tanto, nesta tese,

procurou-se enfrentar as dificuldades citadas por Postman para a implantação de um ensino subversivo por meio da história e filosofia da ciência, com a produção de textos instrucionais e sua utilização na formação de professores.

Palavras-chave: visão crítica da aprendizagem significativa; Epistemologia de Paul Feyerabend; História e Epistemologia da Ciência; Educação Científica e Tecnológica.

ABSTRACT

A scientific education directed solely to solving typical problems characterized by a dogmatic profile, closed and ahistorical, spreading problematic conceptions of making and scientific knowledge. Researchers have argued that science education should include contents on science to contribute to the development of skills necessary for the formation of the citizen of the XXI century. This does not mean neglecting education in science but add new content in the search for education on and science. The development of a citizenship nowadays, which is characterized as a time of rapid and drastic changes, needed a learning that should not only be significant, but also subversive. This type of learning can be understood as a strategy for survival necessary in today's society. The Theory of Meaningful Learning Critical proposed by Marco Antonio Moreira can be an important contribution to a useful education for citizen in contemporary society. It is based not only on the original theory of Ausubel, but largely on the ideas of the American educator Neil Postman and Charles Weingartner so suggests a subversive teaching in all subjects by addressing its history. Thus, one can train individuals to understand that knowledge is not a fixed thing but a stage of human development, with past, present and future. Specifically in relation to science education, Postman points out that in addition to teaching science through its history, it would be helpful to also teach his philosophy. Explicitly discuss the philosophy of science is out of the mainstream of science education, according to the educator. He, however, acknowledges the difficulties of the proposal, such as lack of appropriate instructional materials and teacher training. Not always, however, it defends this thesis the approach of history and philosophy of science can contribute to an environment which fosters a subversive teaching for meaningful critical learning. rationalist views of science, such as Karl Popper and Mario Bunge, move away from a subversive environment. Already a relativistic view of science, such as Feyerabend, is consistent and complementary with an education that aims to train people flexible, inquisitive, creative, innovative and tolerant. Thus, an explicit approach to history and philosophy of science can promote a significant critical learning when supported by a relativistic view of science. Therefore, in this thesis, we tried to remedy the difficulties cited by Postman for the implementation of a subversive teaching through the history and philosophy of science, with the production of instructional texts and their use in teacher training.

Keywords: critical view of meaningful learning; Epistemology of Paul Feyerabend; History and Epistemology of Science; Scientific and Technological Education.

LISTA DE FIGURAS

Considerações finais

Figura 1 – mapa conceitual mostrando a unidade da tese386

LISTA DE QUADROS

Capítulo 1

Quadro 1 – quantidade e origem dos trabalhos analisados.....41

Quadro 2 – visão geral da análise.....48

Capítulo 9

Quadro 1 – análise das atividades do cotidiano de sala de aula do estudo de caso da formação continuada.....318

Quadro 2 – Questões relativas a primeira variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação continuada.....324

Quadro 3 – Questão relativa a segunda variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação continuada.....325

Quadro 4 – Questões relativas a terceira variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação continuada.....326

Quadro 5 – Questão relativa a quarta variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação continuada.....327

Capítulo 10

Quadro 1 – análise das atividades do cotidiano de sala de aula do estudo de caso da formação inicial.....356

Quadro 2 – Questões relativas a primeira variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação inicial.....363

Quadro 3 – Questão relativa a segunda variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação inicial.....365

Quadro 4 – Questões relativas a terceira variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação inicial.....366

Quadro 5 – Questão relativa a quarta variável de análise nas entrevistas individuais do estudo de caso da formação inicial.....367

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HC – História da Ciência

HFC – História e Filosofia da Ciência

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

TASC – Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica

TRR – Teoria da Relatividade Restrita

UEPS – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

LISTA DE GRÁFICOS

Capítulo 1

Gráfico 1: Alinhamentos epistemológicos declarados pelos autores das dissertações e teses na revisão bibliográfica.....43

Gráfico 2: Alinhamentos educacionais declarados pelos autores de teses e dissertações na revisão bibliográfica.....44

Gráfico 3: padrões recorrentes para justificar o uso didático de história e filosofia da ciência na educação básica na revisão bibliográfica.....45

SUMÁRIO

Introdução	27
Referências	36
1. História e epistemologia na educação científica: para quê?	38
1.1 Introdução.....	39
1.2 Metodologia e principais resultados.....	40
1.3 Discussão.....	49
1.4 Considerações finais.....	53
Referência bibliográfica.....	54
2. O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores	64
2.1 Introdução.....	65
2.2 Anarquismo epistemológico.....	67
2.3 Relativismo e o princípio do ‘Vale tudo’	69
2.4 Irrracionalidade.....	78
2.5 A ciência controlada.....	84
2.6 Progresso da ciência.....	89
2.7 Conversa com ignorantes.....	92
2.8 Feyerabend, inimigo da ciência?.....	95
2.9 Considerações finais: reflexões epistemológicas na formação de professores.....	99
Referências bibliográfica.....	102
3. Considerações sobre a alcunha atribuída a Paul Feyerabend de pior inimigo da ciência e suas implicações para o ensino de ciências	106
3.1 Introdução.....	107
3.2 Onde a ciência deu errado.....	109
3.3 Repercussões.....	112
3.4 As críticas do artigo de <i>Nature</i> e a epistemologia de Feyerabend.....	114
3.4.1 Argumentos positivistas lógicos.....	114
3.4.2 Alguns contrapontos ao artigo de <i>Nature</i>	118
3.5 Implicações para a educação científica – o ensino de ciências para uma sociedade livre.....	124
3.6 Considerações Finais.....	128
Referências.....	120
4. Ciência: a nova religião? – limitações da visão racionalista de ciência e suas possíveis implicações para a educação	133
4.1 Introdução.....	134

4.2 Racionalidade, racionalismo e relativismo.....	135
4.3 Críticas às visões racionalista de ciência.....	137
4.4 Uma nova religião?.....	141
4.5 Implicações para a educação científica.....	147
4.6 Considerações finais.....	154
Referências bibliográficas.....	156
5. A coerência e complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend.....	160
5.1 Introdução.....	161
5.2 Educação para a sociedade contemporânea.....	163
5.3 Conceitos fora de foco na educação contemporânea.....	173
5.4 Educação para a sociedade livre.....	178
5.5 Coerência entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a educação para a sociedade livre.....	184
5.6 Complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a educação para a sociedade livre.....	190
5.7 Considerações finais – um fim para a escola.....	192
Referências bibliográficas.....	196
6. A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência.....	199
6.1 Introdução.....	200
6.2 História e filosofia da ciência na formação de professores.....	202
6.3 Ensino subversivo e aprendizagem significativa crítica.....	205
6.4 A história e filosofia da ciência para um ensino subversivo.....	207
6.5 Proposta para a formação inicial de professores.....	210
6.6 Considerações finais – a escola como centro subversivo.....	214
Referências.....	216
Notas.....	217
Anexo.....	218
7. A defesa do copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu? – o debate e suas possíveis implicações para a educação científica por meio de unidades de ensino potencialmente significativas.....	227
7.1 Introdução.....	228
7.2 A hagiografia de Galileu.....	230
7.3 O contexto dos julgamentos de Galileu.....	231
7.4 O julgamento de Galileu de 1616.....	235
7.5 O julgamento de 1633: uma farsa?.....	240
7.6 Possíveis implicações para o ensino de ciências.....	255

7.7 Considerações finais.....	261
Referências bibliográficas.....	263
Anexo 1.....	267
8. Considerações epistemológicas relativistas acerca da influência dos resultados negativos de Michelson-Morley na gênese da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein.....	272
8.1 Introdução.....	273
8.2 Uma história recontada.....	277
8.3 Com a palavra, Einstein.....	280
8.3.1 O artigo de 1905.....	280
8.3.2 Notas autobiográficas.....	283
8.3.3 Entrevistas com R. S. Shankland, cartas e falas públicas.....	285
8.4 Considerações epistemológicas.....	288
8.5 Considerações finais.....	294
Referências bibliográficas.....	296
9. A formação inicial de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica por meio da história e filosofia da ciência sob o viés relativista: um estudo de caso.....	305
9.1 Introdução.....	306
9.2 Pesquisa qualitativa.....	308
9.3 O cotidiano na formação de professores.....	310
9.4 Análises.....	317
9.4.1 Análise do cotidiano da sala de aula.....	318
9.4.2 Análise do grupo focal.....	319
9.4.3 Análise das entrevistas individuais.....	322
9.5 Principais achados.....	329
9.6 Considerações finais.....	332
Referência bibliográficas.....	336
10. Um estudo de caso na formação inicial de professores de física dentro da perspectiva de um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica.....	340
10.1 Introdução.....	341
10.2 O cotidiano na formação de professores.....	344
10.3 Análises.....	356
10.3.1 Análise do cotidiano da sala de aula.....	356
10.3.2 Análise do grupo focal.....	358
10.3.3 Análise das entrevistas individuais.....	363
10.4 Principais achados.....	368
10.5 Considerações finais.....	370
Referência bibliográficas.....	372

Considerações finais – Para que ensinar ciência no século XXI?..	345
11.1 Introdução.....	384
11.2 Revisão da Literatura.....	387
11.3 Eixo epistemológico.....	388
11.4 Eixo educacional.....	391
11.5 Eixo metodológico.....	393
11.6 Estudos de caso.....	396
11.7 Para que ensinar ciência no século XXI?.....	399
Referências bibliográficas.....	402

INTRODUÇÃO

A educação científica voltada unicamente para a resolução de problemas tem se caracterizado por seu perfil dogmático, fechado e ahistórico, disseminando concepções problemáticas do fazer e do conhecimento científico (FERNÁNDEZ et al., 2002). Há várias abordagens para a natureza da ciência; a histórica é uma delas. Entre outras coisas, o estudo de episódios históricos permite gerar discussões sobre o modelo de ciência envolvido na produção do conhecimento científico, favorecendo assim a construção do caráter dinâmico do fazer científico e evidenciando a influência da época e cultura de cada episódio (FORATO et al, 2011).

Efetivamente, a educação científica pode e deve proporcionar subsídios relevantes para o aluno desenvolver uma cidadania mais consciente e atuante. A História e a Filosofia da Ciência, assim como a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA, 2005) podem contribuir para isso; a primeira, ao favorecer uma melhor compreensão sobre a natureza da ciência e sobre a construção do conhecimento científico. Já a segunda, ao argumentar que, em tempos de mudanças rápidas e drásticas, a aprendizagem não deve ser apenas significativa, mas também crítica.

Por certo, qualquer abordagem histórica da ciência tem uma orientação epistemológica, e esta deve estar devidamente articulada com o referencial educacional, em uma situação de ensino. Nas últimas décadas, a crítica ao empirismo-indutivismo tem prevalecido com a abordagem da filosofia da ciência de autores como Thomas Kuhn, Imre Lakatos e Gaston Bachelard. Porém, a própria filosofia da ciência ampliou seus pontos de vista, sendo necessário buscar renovações de referenciais epistemológicos que possam contribuir aos anseios do ensino de ciências.

Para Moreira (2009), pesquisar é produzir conhecimentos dentro de um marco teórico, metodológico e epistemológico consistente e coerente. Isso exige uma permanente interação entre o domínio metodológico e teórico. Schnetzler (2002) enfatiza que os pesquisadores em ensino de ciências abordam as interações entre pessoas, além da dinâmica do conhecimento em um ambiente de ensino-aprendizagem. Apesar de acreditar que a pesquisa em ensino de ciências hoje seja um campo consolidado, Moreira (2004) expressa algumas debilidades e/ou dificuldades. Entre elas, trabalhos sem referencial teórico, epistemológico e metodológico adequado e coerente. Em particular, aponta para um grande número de estudos sem marco teórico ou com

um suposto aporte que não se articula com o objeto estudado. O autor faz recomendações para superar as debilidades elencadas por ele. Entre elas: melhorar as pesquisas em termos de fundamentação teórica, epistemológica e metodológica.

A pesquisa desta tese se pautou em três protagonistas, cada um em um dos eixos de fundamentação ressaltados por Moreira (2004). Dentro da fundamentação teórica se baseiou no ensino subversivo de Neil Postman, na epistemológica do relativismo de Paul Feyerabend e da metodológica nos princípios da aprendizagem significativa crítica de Marco Antonio Moreira. Um dos objetivos da tese foi, justamente, mostrar a coerência e complementariedade destes protagonistas para não incorrer em uma das delibidades apontadas como presente em boa parte das pesquisas na educação científica.

Feyerabend foi um dos mais perspicazes críticos das análises usualmente feitas sobre a natureza da ciência, sendo chamado de ‘terrorista epistemológico’ e até mesmo de ‘o pior inimigo da ciência’ por artigo da revista *Nature*. Sua obra mais conhecida é *Contra o Método* (2007), onde ele se coloca a favor do que chama de pluralismo metodológico, que se pode entender como uma oposição a um princípio único, absoluto e imutável de ordem. Não se trata de uma oposição a toda e qualquer organização, a todo e qualquer procedimento metodológico. Mas sim, é contra a instituição de um conjunto único, fixo, restrito de regras que seria universalmente válido. Ele se coloca contra ‘o’ método que se ponha como ‘a’ característica que distingue o que seja ciência.

Em relação à questão educacional, Postman e Weingartner (1969) sugerem o ensino como atividade subversiva, que pode ser um aporte para as ideias de Feyerabend na educação. Eles enumeram uma série de conceitos, que chamaram de fora de foco, que a escola ensina, tais como: o de verdade absoluta, fixa e imutável, o de certeza, o de entidade isolada, o de casualidade simples, única e mecânica e o de que o conhecimento é transmitido. De acordo com estes autores, é difícil imaginar um tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro em transformação que aquela que promove os conceitos fora de foco. Quarenta anos depois da publicação destas ideias, a educação continua a promover os conceitos fora de foco. O discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o ‘aprender a aprender’ que levará os alunos a melhor lidar com as mudanças rápidas e drásticas dos dias de hoje. A escola ainda incorporou outros conceitos que também poderiam ser designados de fora de foco, tais como: o de idolatria tecnológica, o de informação

como algo necessário e bom e o de consumidor cômico de seus direitos. Além de transmitir a ilusão da certeza, a escola procura preparar o aluno para a sociedade de consumo, para o mercado e para a globalização: tudo fora de foco (MOREIRA, 2005).

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira apresenta-se como uma alternativa para lidar com essa e outras questões dentro da educação como fundamentação metodológica. Esta teoria tem suas raízes na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que posteriormente teve contribuições de Novak e Hanesian. O avanço na proposta crítica da teoria feita por Moreira (2005) é no sentido de orientar aos professores de como procurar promover a aprendizagem significativa como atividade crítica. Como o próprio autor reconhece, as ideias de Postman e Weingartner inspiraram inicialmente a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, sendo esta uma maneira viável de levar um ensino subversivo às escolas.

A aprendizagem significativa crítica pode ser entendida como aquela que permite ao sujeito fazer parte da sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. É por meio dela que o aluno poderá não ser subjugado pelos ritos, mitos e ideologias de sua cultura. Também poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar as informações sem sentir-se impotente diante de sua grande disponibilidade e velocidade, usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar um tecnófilo.

Por fim, é por meio da aprendizagem significativa crítica que o aluno pode trabalhar com a incerteza, relatividade, não casualidade, probabilidade, não-dicotomização das diferenças e com a ideia do conhecimento em construção por meio de representação, nunca por captação direta. Logo, em tempos de mudanças rápidas e drásticas, a aprendizagem não pode ser só significativa, mas sim, uma aprendizagem significativa crítica. A teoria foi sugerida, não como uma proposta didática, mas como uma série de princípios facilitadores que podem ser tomados como referencial para organizar o ensino como atividade subversiva.

Em relação à área de pesquisa em ensino de ciências e tecnologia, o *problema* em aberto com o qual a presente tese pretende contribuir, é em relação à ausência de um contexto e currículo para a implementação de uma aprendizagem significativa crítica. O próprio autor da teoria alerta que focalizou na aprendizagem e ensino, deixando de lado o currículo, contexto e avaliação. Moreira (2005) ainda ressalta que, mesmo sem dar ênfase a estes fatores, não há como ignorar que sem um

currículo e um contexto que favoreçam a implementação dos princípios facilitadores e sem uma avaliação coerente com tais princípios, à proposta da aprendizagem significativa crítica não poderá ser posta em prática. E assim, a aprendizagem escolar continuará a ser mecânica na maioria dos casos, significativa em poucos outros, mas nunca crítica. Moreira acredita que a discussão em torno do currículo é por vezes inflamada, sendo o entendimento de currículo como conteúdo, simplista e limitado. O currículo também tem vínculo com as experiências de aprendizado e com o planejamento para situações e contextos específicos. (MOREIRA e AXT, 1986). Um conceito que Moreira considera útil para a análise e planejamento de um currículo para o ensino de ciências é o de ênfase curricular, que pode ser entendido como um conjunto coerente de mensagens sobre ciência que são comunicadas de maneira explicitamente ou não aos alunos. Assim, tais mensagens vão além do aprendizado de fatos, princípios, leis e teorias; elas procuram dar uma resposta para o sentido de se aprender sobre ciências e tecnologia.

Tendo em vista as questões colocadas, pretende-se contribuir com esta pesquisa para uma formação de professores com um viés histórico-filosófico mais adequado para fomentar um ambiente na educação científica e tecnológica que promova a aprendizagem significativa crítica. Desta forma, procura-se com esta investigação responder as seguintes questões: *Como a educação científica e tecnológica, dentro da perspectiva de um ensino subversivo, pode auxiliar na formação de um cidadão preparado para enfrentar uma sociedade caracterizada por mudanças rápidas e drásticas? Que aspectos históricos, filosóficos e conceituais devem constar em uma situação de educação científica e tecnológica dirigida a professores em formação para que eles fomentem um ambiente na educação científica onde a aprendizagem significativa crítica possa ser construída?*

O objetivo geral da pesquisa é articular um aporte epistemológico da ciência com o ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica para abordar episódios históricos durante a formação de professores. A história da ciência contribuiria para constituir um currículo e contexto para facilitar a implementação da versão crítica da teoria da aprendizagem significativa.

Para tanto, foram traçados dez objetivos específicos tratados em cada um dos dez capítulos da tese. Os *objetivos específicos* são:

- 1) Produzir uma revisão bibliográfica, a partir de programas de pós-graduação, para levantar os motivos que pesquisadores em formação têm alegado para justificar o

- ensino de história e filosofia da ciência na educação científica;
- 2) Analisar questões polêmicas acerca da epistemologia de Paul Feyerabend;
 - 3) Investigar a (im)pertinência da alcunha atribuída a Paul Feyerabend de pior inimigo da ciência;
 - 4) Examinar a crítica dentro da moderna filosofia da ciência da defesa da relação intrínseca entre o empreendimento científico e o uso da razão, inclusive traçando paralelos entre o pensamento racionalista e o de defensores de uma religião;
 - 5) Explorar a coerência e complementaridade entre a epistemologia de Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica;
 - 6) Desenvolver alternativas para uma formação inicial de professores procurando viabilizar uma docência para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica;
 - 7) Produzir um texto sobre os dois julgamentos de Galileu a partir de uma interpretação de que no primeiro julgamento a lógica estava a lado da Igreja e que, no segundo, ela poupou Galileu de acusações muito mais graves do que a sua defesa do sistema copernicano;
 - 8) Elaborar um texto (em consonância com os referenciais teóricos da tese) sobre a insustentabilidade da versão empírico-indutivista que associa a gênese da teoria da relatividade restrita ao resultado negativo do experimento de Michelson-Morley;
 - 9) Implementar e avaliar a experiência proposta para a formação continuada de professores;
 - 10) Implementar e avaliar a experiência proposta para a formação inicial de professores.

Cada um destes objetivos específicos está articulado ao objetivo geral. O primeiro trata de uma revisão bibliográfica necessária para conhecer como tem sido as convicções dos pesquisadores na área da educação científica formados no último decênio. Os três próximos constituem a fundamentação epistemológica da pesquisa articulados com os objetivos educacionais desta tese em todos eles; os dois seguintes contextualizam a elaboração do aporte educacional coerente com os epistemológicos e metodológicos. Os dois, na sequência,

referem-se à produção de material instrucional para implementação em sala de aula de um ambiente subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica; o último objetivo é uma avaliação do componente empírico da pesquisa por meio de estudo de caso etnográfico ao levar a produção da tese à formação inicial e continuada de professores.

A tese está estruturada em forma de artigos. Esta opção, apesar de não muito comum, pode ser encontrada em alguns trabalhos tanto no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) como em outros programas (GONÇALVES, 2002; TAVARES, 2010; TEIXEIRA, 2010; CORDEIRO, 2011; TENFEN, 2011; RAICIK, 2015).

Tenfен (2011) coloca que embora este formato, ainda que seja pouco usual, ele se constitui em uma alternativa viável para dissertações e teses. A justificativa é que esta formatação permite ao pesquisador iniciante, durante o desenvolvimento de seu projeto de pesquisa, preparar-se para lidar com a experiência da divulgação de seus trabalhos perante a comunidade e as críticas decorrentes deste processo. Neste sentido, a estrutura pareceu atingir seu objetivo, pois até a data da impressão desta tese já haviam sido publicados em revistas arbitradas cinco artigos oriundos de capítulos da tese, outro já tendo sido aceito e mais um publicado parcialmente em atas de congresso da área de educação científica.

Contudo, esse formato apresenta alguns desafios. Talvez o principal deles seja o exposto por Teixeira (2010). Como os artigos possuem certa independência entre si, ao mesmo tempo em que integram, conjuntamente, um único trabalho, certa sobreposição entre eles resulta inevitável. Algumas argumentações resultam repetidas para que cada artigo tenha consistência teórica e, ao mesmo tempo, independência, para fins de publicação. Apesar disto, procurou-se ao longo do texto minimizar tais repetições o quanto fosse possível. As considerações finais da tese, se não resolvem, contornam esta limitação, proporcionando uma visão geral da investigação, minimizando aspectos relativos à sua ‘fragmentação’.

O primeiro artigo, intitulado *História e epistemologia da ciência na educação básica: para quê?*, produz uma revisão bibliográfica sobre as justificativas para a abordagem didática de história e epistemologia da ciência na educação científica veiculadas por autores brasileiros em dissertações de mestrados e de teses de doutorado. Concentra-se o campo de pesquisa em programas de pós-graduação de ensino de ciências. A análise procura, em um primeiro momento, identificar as referências epistemológicas e pedagógicas declaradas pelos autores. A

seguir, analisam-se as justificativas apresentadas pelos autores para o uso didático da história e epistemologia da ciência, bem como se eles articulam ou não seus referenciais teóricos com essa abordagem. Por fim, sugere-se o uso didático da história e epistemologia da ciência fundamentado em um aporte educacional e epistemológico compatível com as necessidades de formar um cidadão inserido dentro de uma sociedade caracterizada por mudanças drásticas e rápidas.

O segundo artigo da pesquisa, intitulado *O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores*, analisa que muitas das objeções à epistemologia de Feyerabend decorrem de interpretações equivocadas das ideias deste autor. Termos e expressões como anarquismo epistemológico, irracionalidade, controle da ciência e tudo vale podem dar a falsa impressão de que os argumentos do autor são caóticos e insustentáveis. O artigo discute estes conceitos, contrapondo-se a interpretações equivocadas sobre eles. No âmbito da formação inicial e continuada de professores, esta reflexão pode ser útil tanto para a desconstrução de certas imagens equivocadas sobre a natureza da ciência como para formar cidadãos mais críticos e em maior sintonia com conceitos da moderna filosofia da ciência.

O terceiro artigo, *Considerações sobre a alcunha atribuída a Paul Feyerabend de pior inimigo da ciência e suas implicações para o ensino de ciências*, mostra que não são poucos os críticos da epistemologia de Paul Feyerabend. Muitas dessas críticas foram recebidas com surpresa pelo próprio autor, por serem frutos de más interpretações de sua epistemologia, o que ele chamou de incompetência profissionalizada. Dentre os críticos de Feyerabend, alguns recorrem a um exemplar da prestigiada revista *Nature* de 1987 para dar lastro a suas objeções. Nela, Feyerabend foi chamado de pior inimigo da ciência. Neste artigo procura-se analisar quais foram os argumentos usados para atribuir tal alcunha a Feyerabend, algumas repercussões dos mesmos e se os argumentos usados pelos autores do artigo da revista *Nature* correspondem à epistemologia de Feyerabend ou se configuram no que ele chamou de incompetência profissionalizada. Algumas implicações desta discussão para o ensino de ciências também são vislumbradas.

Ciência: a nova religião? – limitações da visão racionalista da ciência e suas possíveis implicações para educação científica constitui o quarto artigo da tese. Ele discute como a relação intrínseca entre o empreendimento científico e o uso da razão é defendida por filósofos da ciência. Na sequência, aborda como tal associação é criticada por pensadores como Paul Feyerabend, que inclusive associa o pensamento

racionalista ao de defensores de uma religião. Este argumento é discutido no artigo, bem como as possíveis implicações deste debate na educação científica. Por fim, são levantadas as possíveis contribuições da epistemologia relativística de Feyerabend e do ensino subversivo de Postman para um ensino de ciência visando à formação de um cidadão do século XXI.

Sob o título de *A coerência e a complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend*, o quinto artigo explora a concepção de que para a abordagem da natureza e história da ciência na Educação Científica é necessário que se tenha um enfoque epistemológico, que pode ir do racionalismo de Bunge ao relativismo de Feyerabend. No artigo, argumenta-se que a postura epistemológica de Feyerabend é uma das alternativas que tem mais potencial de contribuir para promover a aprendizagem significativa crítica, de modo a formar pessoas inquisitivas, flexíveis, criativas, inovadoras, tolerantes e liberais. Além disto, as sugestões da epistemologia de Feyerabend também complementam a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica ao propor um currículo e um contexto para que os princípios da teoria se façam presentes nas salas de aula de ciências.

O sexto artigo, denominado *A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência* argumenta que, mesmo sem a abordagem didática explícita de história e filosofia da ciência, elas influenciam a prática docente. Pesquisas recentes indicam que uma abordagem explícita de história e filosofia da ciência pode questionar, e mesmo alterar as opiniões problemáticas da prática científica de professores em formação; também indicam que tal mudança não implica necessariamente alteração na prática docente. Apontam, também, a necessidade de uma formação que aborde simultaneamente aspectos de filosofia da ciência com uma instrumentalização sobre como é possível abordar tais questões na educação básica. O artigo apresenta uma proposta neste sentido: formar professores alinhados com as visões da filosofia da ciência contemporânea e instrumentaliza-los para abordar tais questões na educação básica, alternativas para que as questões discutidas e levantadas nos artigos anteriores cheguem à formação inicial de professores. Para tanto, sugere-se que professores em formação construam Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para orientar sua prática docente no ensino básico. A construção dessas

UEPS gira em torno de discussões de episódios históricos fundamentados em uma epistemologia relativística.

Sob o título de *A defesa do copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu? – o debate e suas possíveis implicações para a educação científica por meio de unidades de ensino potencialmente significativa*, o sétimo artigo investiga um ponto de vista distinto daqueles normalmente apresentados acerca dos julgamentos de Galileu. Nele, argumenta-se que no processo de 1616 a Igreja teve uma atitude razoável e que a lógica estava do seu lado e contra Galileu. Também sustenta que a versão oficial da condenação de Galileu por defender o copernicanismo em 1633 foi uma farsa arquitetada pelo papa Urbano VI para defender a si mesmo e a Galileu de acusações mais graves. A discussão visa mostrar como a apresentação e discussão de episódios históricos do século XVII podem colaborar para a formação de um cidadão do século XXI à luz de uma proposta de ensino potencialmente significativa.

Considerações epistemológicas relativistas acerca da influência dos resultados negativos de Michelson-Morley na gênese da teoria da relatividade restrita de Einstein, o oitavo artigo, investiga a amplamente difundida ideia empirista de que os resultados negativos dos experimentos de Michelson-Morley, de detectar o movimento da Terra em relação ao éter, fundamentaram o trabalho de Einstein ao propor a Teoria da Relatividade Restrita. Para tanto, usa-se entrevistas, falas públicas e a autobiografia do próprio Einstein em que ele aborda explicitamente a questão. O objetivo do texto é fazer uma análise epistemológica explícita de pontos relevantes do episódio procurando desconstruir o modelo empírico sobre a gênese da relatividade restrita e vislumbrar as possíveis implicações destas questões na formação de professores.

O nono artigo, *A formação inicial de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica por meio da história e filosofia da ciência sob o viés relativista: um estudo de caso*, e o décimo *Um estudo de caso na formação inicial de profsssores de física dentro da perspectiva de um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica* são complementares. Eles relatam a implementação e avaliação das alternativas para a formação inicial e continuada de professores sugeridas no desenvolvimento da tese. Estes estudos de caso do tipo etnográfico foram realizados em um curso de licenciatura em Física e em um de especialização em Educação Científica e Tecnológica, ambos oferecidos pelo Instituto Federal de Santa Catarina, campus Araranguá. Os estudos pretenderam acompanhar

a formação de professores planejada de acordo com o ensino subversivo de Postman e pautada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. O objetivo dos trabalhos foi obter possíveis achados sobre as atitudes dos professores em formação quando inseridos neste contexto, analisando os dados de acordo com a Teoria Fundamentada. As questões que foram o foco destes estudos são as opiniões sobre o conhecimento científico e o processo ensino-aprendizagem dos professores em formação, bem como tais opiniões impactam no planejamento de sua prática docente na educação básica. Nas *Considerações Finais* discorre-se sobre uma visão global de todas as questões levantadas na tese. Procura-se por possíveis avanços oriundos da tese e vislumbram-se os desafios que surgiram deste percurso.

Referências bibliográficas

CORDEIRO, M.D. **Dos Curie a Rutherford: aspectos históricos e epistemológicos da radioatividade na formação científica.** 2011. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLOA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FEYERABEND, P. **Contra o método.** São Paulo: Editora Unesp, 2007.

GONÇALVES, M.L.C. **Helminhos, protozoários e algumas idéias: novas perspectivas na paleoparasitologia.** 2002. 125 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2002.

MOREIRA, M.A. A questão das ênfases curriculares e a formação do professor de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 3, n. 2, p. 66-79, 1986.

MOREIRA, M.A. A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10-17, 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M.A. Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2009.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishig Co., 1969.

RAICIK, A.C. **Experimentos exploratórios: os contextos da descoberta e justificativa nos trabalhos de Gray e Du Fay**. 2015. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SCHNETZLER, R.P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Quim. Nova**, v. 25, supl. 1, 14-24, 2002.

TAVARES, A. **Isoxazolinás. Uma classe de materiais avançados revisitada**. 2010. 287 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TEIXEIRA, E. S. **Argumentação e abordagem conceitual no ensino de física**. 2010. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

TENFEN, D.N. **Mapas conceituais como ferramentas para a organização do conhecimento em uma disciplina sobre história da física**. 2011. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

Capítulo 1

HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: PARA QUÊ?

1 HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: PARA QUÊ?¹

1.1 INTRODUÇÃO

A educação científica e tecnológica é distinta de treinamento científico (MOREIRA, 2004). O treinamento está dirigido à atividade de fazer ciência, para teorias e procedimentos úteis neste contexto. Por sua vez, a educação científica procura dar meios para que os estudantes possam interpretar o mundo de acordo com o olhar científico, manipulando os conceitos, leis e procedimentos da ciência quando enfrentam algum problema. Ela ainda possibilita que os alunos sejam capazes de identificar aspectos históricos, epistemológicos, sociais e culturais das ciências, não requerendo que se “coloque o aluno no laboratório”, ou “transformar estudantes em especialistas”, tampouco “educar o aluno como um pesquisador em potencial”.

A pesquisa em educação científica, por sua vez, pode ser entendida como a produção de conhecimento sobre a educação científica. Esta atividade busca respostas para questões relacionadas ao ensino e aprendizagem, currículo e contexto educativo, além de questões sobre a formação inicial e continuada de professores (ibid.). A pesquisa em educação científica iniciou na década de 1970, e consolidou-se na década seguinte (MOREIRA, 2000).

Atualmente muitos pesquisadores em educação científica defendem o caráter pedagógico da história da ciência (MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 2001; GUERRA et al., 2004; MARTINS, 2007; FORATO et al., 2011; RAICIK e Peduzzi, 2015). Teixeira et al. (2009) fizeram um levantamento em periódicos internacionais em artigos em língua inglesa sobre o uso didático da história e filosofia da ciência. Os autores encontraram 152 artigos publicados entre 1940 e 2008 que defendiam tal abordagem. Destes, após alguns critérios de exclusão, analisaram onze estudos. A maioria dos estudos examinados por Teixeira et al associava a pertinência do uso da história e filosofia da ciência buscando a mudança conceitual, procurando traçar semelhanças entre as concepções alternativas dos alunos e a evolução histórica dos conceitos científicos. No entanto, conforme ressaltam os autores, atualmente este paralelismo sofre duras críticas, entre outras coisas, porque implica em uma visão acumulativa e linear do empreendimento científico. Outros objetivos evidenciados pelos autores para o uso

¹ Publicado em *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, n. 1.

didático de história e filosofia da ciência foram: alcançar melhor compreensão de aspectos da natureza da ciência; melhorar a atitude dos estudantes em relação à ciência, motivando-os; envolver os alunos em debates históricos para promover a competência em usar argumentos estruturantes e; desenvolver metacognição, aumentando a capacidade de aprender sobre os processos de pensamento a partir do envolvimento em debates históricos.

Artigos de revisão bibliográfica, como o de Teixeira et al, são recorrentes na literatura em educação científica em periódicos brasileiros (HARRES, 1999; OSTERMANN e MOREIRA, 2000; AGUIAR Jr., 2001; GRECA e MOREIRA, 2001; ARAUJO e VEIT, 2004; NARDI e GATTI, 2004; LANGHI, 2011; SASSERON e CARVALHO, 2011; SILVA et al., 2012; RIBEIRO e VERDEAUX, 2012; CASTRO e BEJARANO, 2013; LEMES e PORTO, 2013; Mozena e ORTEMANN, 2014). Estes trabalhos, no âmbito da física e da química, por exemplo, examinam temas como experimentação em óptica, ensino de mecânica quântica, física moderna e contemporânea no ensino médio, concepções de professores acerca da natureza da ciência, alfabetização científica, ensino de astronomia, ensino de física na modalidade à distância, tecnologias computacionais no ensino de física, introdução à filosofia da química, concepções alternativas, mudanças conceituais e interdisciplinaridade no ensino de ciências.

O presente artigo tem como objetivos, em um primeiro momento, identificar as referências filosóficas e pedagógicas declaradas pelos autores de teses e dissertações brasileiras que defendam o ensino de história da ciência na educação científica no último decênio. A seguir, a investigação buscou pelos objetivos manifestados pelos autores para o uso didático da história e filosofia da ciência, também se e como eles articulam os referenciais adotados com a abordagem na educação científica de história e filosofia da ciência. Por fim, procura-se fazer uma análise de como os resultados encontrados podem refletir a pesquisa em educação científica.

1.2 METODOLOGIA E PRINCIPAIS RESULTADOS

Para alcançar os objetivos deste trabalho foi realizado um levantamento na produção de programas de pós-graduação em educação científica, principalmente em mestrados acadêmicos e doutorados, mas incluíam também mestrados profissionais. Apesar da ênfase nesses programas, eventualmente foram incluídos trabalhos de outras pós-

graduações, relativos ao tema da revisão bibliográfica. Neste caso, e em particular, foram investigadas teses oriundas de programa de pós-graduação em educação, física, ensino, filosofia e história das ciências. Dentre as pós-graduações analisadas, onze apresentavam trabalhos que defendiam o uso didático da história da ciência, sendo sete em de educação científica. O período examinado se estende de 2005 até 2014.

A busca foi feita inicialmente nos sítios dos programas de pós-graduação em educação científica que oferecem cursos de doutorado e mestrado acadêmicos. Primeiramente, foram examinados os títulos dos trabalhos e seus resumos. A atenção dirigiu-se às produções envolvendo o uso didático da história da ciência em geral, e da história da física e da química em particular. Aqueles de interesse para os fins da pesquisa foram a seguir analisados para averiguar como tratavam as questões de interesse deste trabalho com sua leitura na íntegra.

Foram selecionados quarenta e um trabalhos de onze programas de pós-graduação, sendo trinta e três dissertações de mestrado e oito teses de doutorado. A relação das universidades, programas de pós-graduação e a quantidade de trabalhos analisados em cada instituição estão apresentados no Quadro 1. Os títulos dos estudos encontram-se no Anexo 1. As teses de doutorado são identificadas por D1 a D8 e as dissertações de mestrado por M1 a M33.

Quadro 1 – quantidade e origem dos trabalhos analisados

Universidade	Programa de Pós Graduação	Dissertações	Teses
UFSM	Educação em Ciências	1	1
UFRGS	Física	1	1
UFRGS	Ensino de Física	1	0
UFSC	Educação Científica e Tecnológica	6	1
UFPR	Educação em Ciências e em Matemática	4	0
UEL	Ensino de Ciência e Educação Matemática	2	0
USP	Ensino de Ciências	2	1
USP	Educação	0	1
UNICAMP	Educação	1	2
CEFET/RJ	Ensino de Ciências e Matemática	15	0
UFBA	Ensino, Filosofia e História das Ciências	0	1
Total		33	8

A análise dos trabalhos procurou identificar: (i) a **visão filosófica da ciência subjacente à investigação**; (ii) a **fundamentação educacional da pesquisa, em termos de teorias de aprendizagem**; (iii) as **justificativas para a abordagem didática da história e filosofia da ciência** e, (iv) a **articulação entre os aportes educacional e filosófico**. Alguns trabalhos analisados não têm como foco principal o uso didático de história e filosofia da ciência, voltados principalmente, por exemplo, à formação de professores e a livros didáticos. Não obstante, quando eles defendem, em algum momento, o uso didático de história e filosofia da ciência isto subjaz uma necessidade de fundamentação epistemológica (FORATO et al, 2011) e como qualquer pesquisa em educação científica de uma fundamentação teórica em educação (MOREIRA, 2004). Isto justifica os focos de análise, mesmo nestes trabalhos.

Dentre as pesquisas analisadas, quatorze, cerca de 34%, não declararam seu aporte filosófico ao defenderem o uso didático da história e filosofia da ciência. Thomas Kuhn foi o filósofo mais usado como referência, por cerca de 29% dos trabalhos. Aproximadamente 22% dos autores alinharam-se às críticas de vários filósofos da ciência a visão empírico-indutivista. Outras visões filosóficas utilizadas foram as de Paul Feyerabend, Stephen Toulmin, Gaston Bachelard, Bruno Latour e Imre Lakatos.

Dentre as teses de doutorado, apenas uma, a D3 (12,5%), não declarou seu aporte filosófico. A D6 utilizou como referência Thomas Kuhn e Stephen Toulmin. Dois trabalhos, D1 e D7 (25%), valeram-se da rejeição à filosofia empírico-indutivista. Quatro² estudos (50%) usaram a filosofia de Thomas Kuhn como aporte teórico. Gaston Bachelard fundamentou a tese D8.

Dentre as pesquisas de mestrado, treze³ trabalhos (40%), não declararam sua fundamentação filosófica. Thomas Kuhn foi mencionado por oito⁴ autores (24%). A dissertação M2 mencionou Paul Feyerabend, M14 se referiu a Imre Lakatos e M30 a Bruno Latour.

Sete⁵ trabalhos (21%), utilizaram uma espécie de base filosófica comum entre filósofos da ciência contemporâneos como contraponto ao modelo empírico-indutivista. A dissertação M19 (3%) se declarou filiada a entendimentos filosóficos que recusam a visão ateuórica,

² D2, D4, D5 e D6

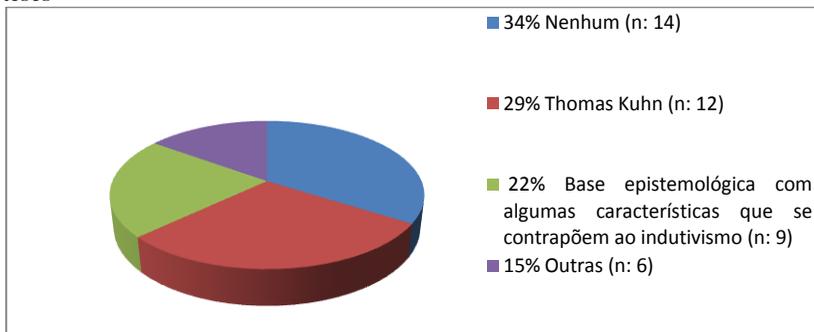
³ M3, M5, M6, M11, M12, M17, M20, M21, M23, M24, M26, M27 e M33

⁴ M1, M4, M7, M10, M16, M31 e M32

⁵ M13, M15, M18, M22, M25, M28 e M29

ahistórica, algorítmica e individualista da ciência, enquanto M8 aderiu à fundamentação de dois autores: Bachelard e Kuhn. O Gráfico 1 mostra um resumo desta primeira análise.

Gráfico 1: Alinhamentos filosóficos declarados pelos autores das dissertações e teses



Em relação à filiação educacional, vinte e seis (63%) não declararam qual teoria de aprendizagem orientou o desenvolvimento da pesquisa. As teorias mais citadas foram as da aprendizagem significativa de Ausubel e da transposição didática de Chevallard (7% e 5% respectivamente). Também foram mencionadas a perspectiva sócio-interacionista de Vigotski, a de Paulo Freire, a transposição didática de Gagliard e Astolfi, a teoria educacional de Bob Gowin e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira.

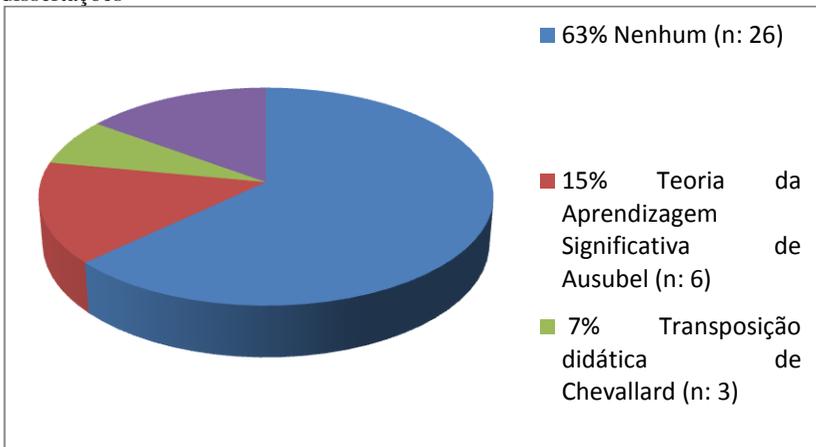
Em relação às teses de doutorado, apenas em D5 (12,5%) não foi encontrada fundamentação educacional. O aporte mais usado foi a transposição didática de Chevallard, por D3 e D7 (25%). D4 (12,5%) também utilizou Chevallard como fundamentação, juntamente com a perspectiva de Paulo Freire. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a transposição didática de Gagliard e Astolfi e a perspectiva sócio-interacionista de Vigotski fundamentaram, respectivamente, as teses D1, D2 e D6. A tese D8 (12,5%) valeu-se de um referencial construtivista dos processos de ensino e aprendizagem, tendo como ponto de partida a trajetória das pesquisas sobre as concepções alternativas e sobre os modelos de mudança conceitual.

Entre as dissertações de mestrado, em um grande número não existe uma fundamentação educacional. Há vinte e cinco⁶ trabalhos sem

⁶ M1, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13, M15, M16, M17, M20, M21, M22, M24, M25, M27, M28, M29, M31, M32 e M33

aporte educacional (76%). Todavia, M14 e M23 (6%) mencionaram a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A investigação M26 fez referência a Ausubel, juntamente com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. M2 citou como aporte duas teorias, a de Ausubel e a de Vigostsky. O estudo M3 manifestou-se alinhado a teoria de Moreira. Paulo Freire é citado por uma dissertação, a M30. Já M19 tece críticas à transposição didática de Chevallard e M14 usa como aporte a teoria educacional de Bob Gowin. O Gráfico 2 resume os resultados relativos a análise desse segundo ponto.

Gráfico 2: alinhamentos educacionais declarados pelos autores de teses e dissertações



Em relação às justificativas dos autores para o uso didático da história e filosofia da ciência, a grande maioria dos trabalhos analisados descreveu alguma motivação. No entanto, houve uma diversidade de argumentos para tal defesa. Para analisar esta grande quantidade de dados, optou-se por uma técnica muito utilizada no processo não estatístico de interpretação, a teoria fundamentada. Segundo Strauss e Cobin (2009), se trata de uma análise aonde o pesquisador não tem concepções prévias, ele permite que elas surjam a partir da sua interpretação dos dados. Neste estudo, a partir da análise das justificativas foram traçadas quatro categorias.

Por vezes, alguns autores recorrem a mais de uma categoria, por isto o número total de citações é maior que o número total de trabalhos analisados. A mais frequente foi (1) à *possibilidade de se discutir a*

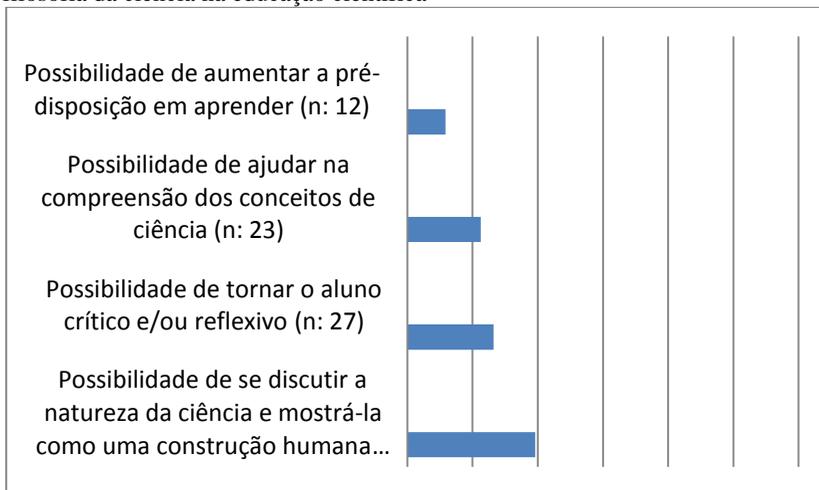
natureza da ciência e mostrá-la como uma construção humana; quarenta estudos usaram tal justificativa. A segunda mais comum foi (2) *a de tornar o aluno crítico e/ou reflexivo*, citada por vinte e sete trabalhos, seguida por (3) *ajudar na compreensão dos conceitos de ciência*, mencionada por vinte e três investigações. O quarto padrão de justificação mais recorrente foi (4) *à possibilidade de desconstrução da visão de ciência como um assunto difícil e assim poder aumentar a pré-disposição em aprender esta área*, por doze trabalhos.

Em relação às dissertações de mestrado, trinta e duas se enquadraram na primeira categoria (exceto a investigação M26); vinte⁷ (61%) na segunda, dezenove (58%) na terceira⁸ e onze⁹ (30%) investigações na quarta.

Entre as teses de doutorado, as oito recorreram à primeira categoria; sete ao segundo padrão, exceto D4; quatro¹⁰ na terceira e apenas uma, D1, na quarta categoria.

O Gráfico 3 resume os dados das justificativas mais recorrente.

Gráfico 3 – padrões recorrente para justificar o uso didático de história e filosofia da ciência na educação científica



⁷ M1, M2, M4, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13, M16, M17, M18, M21, M23, M24, M29, M30 e M32

⁸ M3, M4, M6, M7, M8, M9, M11, M12, M13, M14, M15, M18, M19, M21, M23, M25, M28, M29 e M31

⁹ M2, M6, M7, M9, M13, M14, M15, M18, M19, M26 e M33

¹⁰ D3, D4, D5 e D8

Em relação à **articulação entre os aportes educacional e filosófico**, apenas os trabalhos que apresentaram os dois aportes foram considerados nesta análise. Dentre as teses de doutorado, quatro¹¹ conceberam tal articulação. O estudo D4, que adotou como diretriz pedagógica Paulo Freire, defende que os conhecimentos advindos das reflexões históricas e filosóficas contemporâneas se contrapõem às dos estudantes. Diante disto, sustenta a necessidade da relação dialógica, do diálogo problematizador em torno das pré-concepções histórico-filosóficas do educando. Para que a cultura primeira do educando seja superada, o educador precisa compreendê-la, para, através da problematização, criar o estímulo para a sua superação. A investigação D6, que adotou como referencial a perspectiva educacional sócio-interacionista de Lev Vigotski, sugere estratégias de ensino voltadas para a promoção de atividades em grupos concebidas com a ideia de que o conhecimento é construído pelo sujeito por meio de um processo de interação social. O estudo oferece uma alternativa de como fazer uso didático da história e filosofia da ciência com a perspectiva de propiciar a habilidade dos alunos em construir coletivamente uma argumentação sobre este assunto.

A pesquisa D7, que usou como referencial pedagógico a teoria da transposição didática de Yves Chevallard, justifica sua articulação com o uso didático da história da ciência por conceber que certos aspectos da transposição didática podem contribuir para se entender alguns requisitos necessários à adaptação dos saberes da história e filosofia da ciência ao ambiente escolar. O estudo ainda sugere indicadores que podem guiar a transposição didática para o uso didático da história da ciência. Entre eles, que é necessário esclarecer qual concepção de ciência será adotada e os aspectos filosóficos que serão trabalhados, assim como a falta de ‘pré-requisitos’ dos alunos. O estudo D8, declara ter um referencial construtivista dos processos de ensino e aprendizagem, tendo como ponto de partida a trajetória das pesquisas sobre as concepções alternativas e sobre os modelos de mudança conceitual. Para o autor, a utilização da História da Ciência no ensino não significa, apenas a sua inclusão nos cursos de Ciências, mas também a sua utilização como uma ferramenta na definição de conteúdos fundamentais no ensino. Na fundamentação de tal proposta, a noção de “conceitos estruturantes” tem destaque, uma vez que define noções que, ao serem construídas pelo indivíduo, auxiliam a construção de novos

¹¹ D4, D6, D7 e D8

conhecimentos. Isto sugere a utilização no ensino de “conceitos estruturantes” que estiveram presentes em momentos históricos de profunda transformação.

Dentre as dissertações de mestrado, as cinco¹² que apresentaram os dois aportes explicitaram a articulação entre eles. O estudo M2, que declara fundamentação nas teorias de Ausubel e Vigostsky, defende que a história da ciência pode se constituir como organizador prévio ao fomentar a criação de concepções decorrentes da atividade de questionamento acerca dos conceitos a serem abordados. Também, a história da ciência pode promover inquietação ao discutir a natureza da ciência. O estudo sustenta que a interação nas aulas de física é essencial para mostrar que nosso conhecimento é uma iniciativa humana, intrincada e demorada.

O estudo M14 declara fundamentação em Gowin, para quem o sentimento de significância está ligado diretamente à efetiva compreensão do que se está aprendendo. O material educativo proposto, com abordagem de história e filosofia da ciência, serve justamente à intenção de promover uma sequência que torne factível o crescimento de significados e relações, que culminem em novas experiências, em novos eventos cognitivos para o aluno. A investigação M18, que declara alinhamento com a teoria de Ausubel, defende que, quando estudantes têm crenças parcialmente adequadas da natureza da ciência, esta estabilidade organizacional serve de elo às novas ideias. Esta relação com ideias prévias pode produzir como resultado uma concepção diferenciada e mais adequada de concepções científicas.

A dissertação M19, que critica a transposição didática de Chevallard, defende que esta didática descontextualizadora, além de propagar equívocos sobre a natureza da ciência e do trabalho científico, também falha quando, inadvertidamente, faz uso de conceitos estranhos ao quadro conceitual de origem em que são abordados determinados assuntos. A utilização da história da ciência, neste cenário, funciona como mero conteúdo introdutório, pois o processo envolve a apresentação de conteúdos organizados de forma lógica, sem preocupações com as origens histórico-filosóficas do contexto de geração desses conhecimentos. A investigação M26 usou a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica para produzir texto didático abordando história da ciência e também orientou sua utilização em ambiente de ensino. Os princípios da teoria orientaram tanto a elaboração como a aplicação do produto, procurando deslocar a

¹² M2, M14, M18, M19 e M30

centralidade recorrente da educação científica do ensino básico nos livros de texto. O estudo M30, ancorado na pedagogia de Paulo Freire, defende um ensino científico que seja dialógico. Desta forma, não pode abrir mão da dimensão histórica e problematizadora. Assim se justifica que a história e filosofia da ciência devam fazer parte da cultura científica, como uma história que problematize o conhecimento físico, e que seja, além de uma ponte à filosofia, um convite a filosofar.

O Quadro 2 procura sintetizar os dados analisados, fornecendo uma visão geral sobre quais trabalhos têm ou não as características investigadas.

Quadro 2 – visão geral da análise

Trabalho	Apresenta aporte filosófico	Apresenta aporte educacional	Apresenta articulação entre os aportes	Justificativas para o uso didático de HFC
D1	Sim	Sim	Não	(1), (2)
D2	Sim	Sim	Não	(1), (2)
D3	Não	Sim	Não se aplica	(1), (2), (3)
D4	Sim	Sim	Sim	(1), (3), (4)
D5	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2), (3)
D6	Sim	Sim	Sim	(1), (2), (4)
D7	Sim	Sim	Sim	(1), (2), (4)
D8	Sim	Sim	Sim	(1), (2), (3), (4)
M1	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2)
M2	Sim	Sim	Sim	(1), (2), (4)
M3	Não	Sim	Não se aplica	(1), (3)
M4	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2), (3)
M5	Não	Não	Não se aplica	(1)
M6	Não	Não	Não se aplica	(1), (2), (3), (4)
M7	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2), (3), (4)
M8	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2), (3)
M9	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2), (3), (4)
M10	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2)
M11	Não	Não	Não se aplica	(1), (2), (3)
M12	Não	Não	Não se aplica	(1), (2), (3)
M13	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2), (3), (4)
M14	Sim	Sim	Sim	(1), (3), (4)
M15	Sim	Não	Não se aplica	(1), (3), (4)
M16	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2)
M17	Não	Não	Não se aplica	(1), (2)
M18	Sim	Sim	Sim	(1), (2), (3), (4)

M19	Sim	Sim	Sim	(1), (3), (4)
M20	Não	Não	Não se aplica	(1)
M21	Não	Não	Não se aplica	(1), (2), (3)
M22	Sim	Não	Não se aplica	(1)
M23	Não	Sim	Não se aplica	(1), (2), (3)
M24	Não	Não	Não se aplica	(1), (2)
M25	Sim	Não	Não se aplica	(1), (3)
M26	Não	Sim	Não se aplica	(4)
M27	Não	Não	Não se aplica	(1)
M28	Sim	Não	Não se aplica	(1), (3)
M29	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2), (3)
M30	Sim	Sim	Sim	(1), (2)
M31	Sim	Não	Não se aplica	(1), (3)
M32	Sim	Não	Não se aplica	(1), (2)
M33	Não	Não	Não se aplica	(1), (4)

1.3 DISCUSSÃO

A discussão que segue em relação aos dados apresentados anteriormente é pautada principalmente nas recomendações de Moreira (2004, 2009) para a pesquisa na educação científica. Obviamente, isso não exclui outros possíveis referenciais teóricos.

Pesquisar é produzir conhecimentos dentro de um marco teórico, metodológico e filosófico consistente e coerente (MOREIRA, 2009). Isso exige uma permanente interação entre o domínio metodológico e teórico. Schnetzler (2002) enfatiza que os pesquisadores em ensino de ciências abordam a interações entre pessoas, além da dinâmica do conhecimento em um ambiente de ensino-aprendizagem.

Moreira (2004) argumenta que na pesquisa em ensino de ciência o conteúdo específico das ciências deve sempre estar presente. O autor destaca que um ponto frágil de muitos estudos é que autores relegam o conteúdo científico a um nível bem inferior em suas pesquisas. Ainda de acordo com o pesquisador, mesmo que a área da pesquisa em ensino de ciência necessite de contribuições de outras áreas, ela não pode deixar de fora o conhecimento científico propriamente dito.

A necessidade de um marco filosófico para a pesquisa em ensino de ciência pode ser entendida, por exemplo, quando se entende que as pesquisas têm mostrado que a visão de professores e alunos sobre o conhecimento científico tem efeito sobre o seu ensino-aprendizagem (PUJALTE et al., 2014). Moreira (2009) ressalta a importância de que

professores e pesquisadores da área da educação científica tenham consciência desta influência. Sendo seu campo de interesse o ensino e aprendizagem de ciência, “é preciso aprender sobre teorias de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo, sobre metodologias de pesquisa em educação e sobre filosofia da ciência” (op. cit, p. 4). Logo, na visão do autor, a pesquisa em educação científica necessita de um aporte filosófico articulado e coerente com o educacional e metodológico.

Não obstante, tão prejudicial quanto ignorar didaticamente a história e filosofia da ciência seria sobrevalorizá-la. A abordagem histórico-filosófica não pode ser entendida como a solução de todos os problemas da educação científica, mas sua inserção se mostra como um recurso útil de diversas maneiras: incrementa a cultura geral dos alunos; desmistifica o método científico; mostra como o pensamento científico se modifica ao longo do tempo; chama a atenção para a importância das ideias metafísicas e; contribui para o entendimento da relação da ciência com a cultura, sociedade e tecnologia (PEDUZZI, 2001).

Apesar de acreditar que a pesquisa em ensino de ciências hoje seja um campo consolidado, Moreira (2004) expressa algumas debilidades e/ou dificuldades. Entre elas, justamente trabalhos sem referencial teórico, filosófico e metodológico adequado e coerente. Em particular, aponta para um grande número de estudos sem marco teórico ou com um suposto aporte que não se articula com o objeto estudado.

Dentro desta perspectiva, pode-se discutir as informações levantadas nas dissertações e teses examinadas anteriormente. O primeiro ponto relevante diz respeito à ausência de um aporte educacional em 63% dos trabalhos. Outro dado importante é que em 34% deles não foi possível identificar uma fundamentação filosófica. Esses dados reforçam as debilidades da pesquisa em ensino de ciências levantadas por Moreira. Não obstante, mesmo quando em algumas situações os autores declaram aporte teórico, este não se articula com o objeto estudado. Esta questão parece bastante relevante quando se analisa o dado de que apenas pouco mais de um quarto dos trabalhos examinados anteriormente explicitaram tal relação. Considerando-se que são trabalhos de pesquisadores da área da educação científica em formação e que terão influência na área nos próximos anos, a informação se apresenta com um significado ainda maior.

No que diz respeito à questão das justificativas levantadas pelos autores, também parece haver pontos a serem levantados. Muitos pesquisadores da área que defendem o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica o fazem em favor de uma abordagem

‘contextualista’, em seus diversos contextos: histórico, ético, social, filosófico e tecnológico (MATTHEWS, 1995). Também, por contribuir para uma imagem mais adequada da natureza da ciência e do processo de desenvolvimento do conhecimento científico (GUERRA et al., 2004).

A primeira categoria traçada para as justificativas dos autores se refere ao padrão quase universal usado para justificar o uso didático de história e filosofia da ciência: *possibilidade de se discutir a natureza da ciência*. Este dado é relevante, mas não necessariamente negativo, pois mostra algum consenso entre pesquisadores da área. No entanto, conforme ressaltam Forato et al. (2011), qualquer narrativa histórica encerra uma visão de ciência e sobre os seus processos de construção. “Ao se construir, utilizar ou divulgar uma determinada versão da HC, está se propagando uma concepção de como a ciência foi construída” (op.cit., p. 30). E a ausência de aporte epistemológico compromete esta pretensão de grande parte dos autores analisados. Além disto, deve-se ponderar que a própria expressão ‘natureza da ciência’ é muito recente entre pesquisadores brasileiros.

Assim, quando os autores colocam a questão de discutir a natureza da ciência, eles trazem como justificativas afirmações do tipo “mostrar de que modo a ciência funciona” ou “desmistificar o empreendimento científico”. Porém, tais afirmações são vagas filosoficamente. Isto porque, o entendimento do que se entende por natureza da ciência depende do referencial filosófico adotado. Por conseguinte, quando se sugere discutir a natureza da ciência deve estar claro de que natureza da ciência se está tratando, pois visões de filósofos racionalistas como Mario Bunge e de relativistas como Paul Feyerabend têm poucos pontos de concordância em relação a esta questão. Moura (2014) expressa bem esse fato, ao fazer uma extensa revisão bibliográfica, em nível internacional e nacional, sobre o emprego do conceito de natureza da ciência nas últimas três décadas. O resultado de sua análise foi que se pode entender que a natureza da ciência se refere a elementos envolvidos na construção do conhecimento científico, desde questões internas até as externas. Abrigam-se temas relacionados ao método científico, relação entre teoria e observação, bem como o papel da criatividade e das concepções prévias dos cientistas na elaboração de suas ideias. A concepção do entendimento acerca da natureza da ciência depende de orientações ideológicas e filosóficas.

Como em mais de um terço de trabalhos não foi possível identificar a fundamentação filosófica, a articulação com os aportes teóricos e metodológicos fica inviável. Desta forma, segundo a visão de

Moreira, estes trabalhos tendem a se alinhar a uma das debilidades da pesquisa em educação de ciências apontadas pelo autor.

O segundo padrão mais recorrente merece também uma análise detalhada: *tornar o aluno crítico e/ou reflexivo*. Grande parte dos trabalhos acredita que a simples discussão de história e filosofia da ciência permite formar alunos mais críticos e reflexivos. A afirmação de que a abordagem desses temas formará pessoas mais críticas parece pouco fundamentada. Inicialmente, porque não se discute, na maioria dos casos, o que se entende por uma pessoa crítica e sob qual aporte teórico constrói esta definição.

As duas outras categorias mais recorrentes de justificativas para o uso didático de história e filosofia da ciência também fazem jus a uma análise. Tanto a justificativa de *ajudar na compreensão dos conceitos de ciência*, como a *possibilidade de desconstrução da visão de ciência como um assunto difícil e assim poder aumentar a pré-disposição em aprender esta área* ficam um pouco vagas sem um aporte em termos de teorias de aprendizagem. Em relação a estes dados cabe uma reflexão de que existe pouca atenção, em grande parte dos estudos, em relação à questão de como as pessoas aprendem. Isto é relevante quando se pensa em sugerir o uso didático de algum conhecimento, para um público específico como o da educação científica. Para tanto, é fundamental existir a coerência da proposta com um aporte em teoria de aprendizagem. Como tal fundamentação está ausente em 63% dos trabalhos, parece ocorrer também aqui uma das dificuldades da área da educação científica apontadas por Moreira (2004).

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme defende Delizoicov (2004), existem indicativos claros de que existe uma comunidade de pesquisadores em ensino de ciências no Brasil, tais como: eventos científicos, periódicos e produção de dissertações e teses. Tal comunidade produz e divulga suas pesquisas. A comunidade de pesquisadores em ensino de ciências deve tirar lições do passado deste campo, realizando as correções necessárias de acordo com os equívocos cometidos.

Ao conceber as perspectivas para a educação científica na educação básica, Moreira (2000) enfatiza que não faz sentido ensinar ciência como se os alunos da educação básica fossem cientistas em potencial – o que o pesquisador aponta como grande erro de muitos projetos curriculares. Também Schnetzler (2002), ao apresentar o seu entendimento do ensino de ciências, recomenda que as universidades

invistam em propostas para incentivar a pesquisa em educação científica, para que a investigação e a produção acadêmica possam contribuir para a compreensão dos processos de ensinar e aprender.

A revisão bibliográfica das teses e dissertações brasileiras no último decênio pode ser útil para identificar uma tendência dos novos pesquisadores em ensino de ciência acerca da questão do uso didático de história e filosofia da ciência. Um primeiro aspecto que chama a atenção é que, apesar de o artigo se referir à educação científica e de grande parte dos programas estudados abrangerem, em princípio, todas as ciências, encontra-se o predomínio de trabalhos de física e química e uma escassez de trabalhos de biologia e outras ciências. Esta lacuna parece esta sendo preenchida por iniciativas como a criação do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (ProfBio), ligado a UFMG.

O resultado mais significativo nesta análise dos trabalhos, ao que parece, é que a grande maioria ainda tem foco no ensino e não na aprendizagem, tratando-a como uma consequência natural do que consideram boas abordagens instrucionais. A maioria dos pesquisadores em formação na área de pesquisa em ensino de ciência na última década, analisados nesta revisão, parece dar pouco ou nenhuma importância para como as pessoas aprendem. Isso preocupa quando se tem em perspectiva que esta foi justamente a causa de infortúnios em pesquisas em ensino de ciências desde a década de 1960. Logo, um grande número de pesquisadores parece não ter levado em consideração os equívocos que as pesquisas na área cometeram no passado para fazer as correções necessárias, conforme sugere Delizoicov (2004). Existe hoje, uma área estabilizada na pesquisa em ensino de ciência. Ainda segundo o autor, a pesquisa em ensino de ciências se constitui em um campo social de produção de conhecimento. Tendo como característica sua autonomia em relação a outras áreas, mas mantendo inter-relações em diversos níveis de aproximação.

Moreira (2004) faz recomendações para superar as debilidades elencadas por ele. Entre elas: melhorar as pesquisas em termos de fundamentação teórica, filosófica e metodológica e distinguir entre pesquisa e inovação. Quando se considera as recomendações feitas por Moreira ao analisar os trabalhos de mestrado e doutorado na área de ensino de ciência, que defendem o uso didático de história e filosofia da ciência, percebe-se com clareza a fundamentação das preocupações do autor. Os resultados mostraram muitas das debilidades apontadas por ele na pesquisa em educação científica, principalmente a falta de aporte teórico, filosófico e metodológico. Bem como, quando existe tal

fundamentação, ausência de articulação e coerência entre elas. Como se trata de pesquisadores da área em formação, tais dados podem e devem causar uma reflexão em relação ao desenvolvimento e credibilidade da própria área de pesquisa em educação científica.

Ao final, pode não ter ficado claro ao leitor como fazer de modo efetivo a aproximação do uso da história e filosofia da ciência, por um lado, e as teorias educacionais, por outro. Existem trabalhos recentes que procuram fazer exatamente tal aproximação. Damasio e Peduzzi (2015), por exemplo, constroem teoricamente a coerência e complementaridade entre o aporte da filosofia da ciência de Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica visando o uso didático de história da ciência. Este tipo de aproximação é o que Moreira (2004) recomenda para uma pesquisa em educação científica sem as debilidades apontadas por ele.

Referência bibliográfica

AGUIAR Jr. O. Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2001.

ARAUJO, I.S.; VEIT, E.A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.

CASTRO, D.R.; BEJARANO, N.R.R. Os conhecimentos alternativos e científicos na área de ciências naturais: uma revisão a partir da literatura internacional. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2013.

DAMASIO, F., PEDUZZI, L.O.Q. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a teoria da aprendizagem significativa crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.20, n. 3, p. 61-83, 2015.

DELIZOICOV, D. Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 21: p. 145-175, 2004.

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

GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 6, n. 1, p. 29-56, 2001.

GUERRA, A.; FREITAS, J.R.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 224-248, 2004.

HARRES, J.B.S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e sua implicação para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.

LEMES, A.F.G.; PORTO, P.A. Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 121-147, 2013.

MARTINS, A.F.P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras neste caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, R.A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A.M.; BELTRAN, M.H.R. (org.) **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC/Livraria Editora da Física/Fapesp, 2004, p. 115-146.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MOREIRA, M.A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M.A. A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10-17, 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M.A. Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2009.

MOURA, B.A. O que é a natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOZENA, E.R.; OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014.

NARDI, R.; GATTI, S.R.T. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 6, n. 2, p. 145, 2004.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa 'física moderna e contemporânea no ensino médio'. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PEDUZZI, L.O.Q. Sobre a utilização didática de história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (org.) **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PUJALTE, A.P.; BONAN, L.; PORRO, S.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciênc. Educ.**, v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.

RAICIK, A.; PEDUZZI, L.O.Q. Um resgate histórico e filosófico dos estudos de Charles Du Fay. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 1, p. 105-125, 2015.

RIBEIRO, J.L.P.; VERDEAUX, M.F.S. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4403, 2012.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SCHNETZLER, R.P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Quim. Nova**, v. 25, supl. 1, 14-24, 2002.

SILVA, H.C.; WEISS, K.; COSTA, D.A.; VIEGAS, G. Produção de conhecimento sobre ensino de física na modalidade a distância: tendências, lacunas, novas questões. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. especial 2, p. 708-728, 2012.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. Porto Alegre: ARTMED, 2009.

TEIXEIRA, E.S.; GRECA, I.M.; FREIRE JR., O. The history and philosophy in physics teaching: a research synthesis of didactic intervention. **Science & Education**, v. 21, n. 6, p. 771-796, 2009.

Anexo 1 – relação dos trabalhos estudados

D1 MASSONI, N.T. A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

D2 SILVA, D.N. Ensino e aprendizagem da termodinâmica: questões didáticas e contribuições da história da ciência. 2013. 259 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

D3 SEPEL, L.M.N. História da ciência e atividades práticas: propostas para a formação inicial de docentes. 2012. 166 f. Tese

(Doutorado em Educação em Ciências). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

D4 DANIEL, G.P. História da ciência em um curso de licenciatura em física: a gravitação newtoniana e a gravitação einsteniana como exemplares. 2011. 404 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

D5 SILVEIRA, H.E. A história da ciência em periódicos brasileiros de química: contribuições para a formação docente. 2008. 265 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

D6 TEIXEIRA, E.S. Argumentação e abordagem conceitual no ensino de física. 2010. 148 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2010.

D7 FORATO, T.C.M. A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. 220 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

D8 GATTI, S.R.T. Análise de uma ação didática centrada na utilização da história da ciência: uma contribuição para a formação inicial do docente de física. 2005. 329 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

M1 FABRICIO, C.M. A abordagem histórica e filosófica da ciência nos livros didáticos de química - PNLDEM/2008 d PNLDEM/2012: um estudo sobre a combustão no século XVIII. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciência e em Matemática). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

M2 VIEIRA, P.C. Perspectiva sobre a evolução histórica do conceito de luz e sua integração com a fotografia para o ensino de óptica. 2014. 228 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

M3 SAVISKI, S.O.F. Uma abordagem didática com enfoque na história da física de plasma por meio da aprendizagem significativa.

2014. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2014.

M4 BEZERRA, E.V.L. Análise das propostas didáticas de história e filosofia da ciência para o ensino de física. 2014. 224 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

M5 PÓVOAS, R.C. Ensino de física na EJA: uma abordagem histórica do eletromagnetismo. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2012.

M6 SILVA, M.O. Ensino de máquinas térmicas através de um motor de Stirling motivado em uma abordagem histórica. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2012.

M7 MEDEIROS, A.A. Análise da historiografia de Galileu e o movimento de queda dos corpos nos livros didáticos de física do ensino médio. 2013. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2013.

M8 ROCHA, T.U. As contribuições da história e filosofia da ciência para o ensino de física quântica na educação básica. 2013. 320 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

M9 POPPOLINO, G.G. Utilizando a abordagem histórica com experimentação para trabalhar conceitos de química no ensino médio. 2013. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2013.

M10 SCHIRMER, S.B. Textos originais de cientistas e textos sobre história das ideias da ciência em uma proposta didática sobre ótica na formação inicial de professores de física. 2012. 155 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

M11 ALCANTARA, M.C. História da ciência, filosofia e arte na Holanda do século XVII: construindo um módulo para o ensino dos instrumentos ótico. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2011.

M12 BISCAINO, A.P. O enfoque histórico-filosófico da ciência no ensino e na formação inicial de professores de física: estudo de caso com licenciandos em situação de estágio de docência. 2012. 173 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

M13 PERON, T.S. História e filosofia no estudo da teoria da relatividade restrita no ensino médio. 2012. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2012.

M14 ARTHURY, L.H.M. A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

M15 ARCANJO FILHO, M. Demanda epistemológica no ensino de física. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2011.

M16 FERNANDES, H.S. Narrativas históricas: discutindo a natureza da ciência através de uma abordagem histórico-filosófica. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2012.

M17 JARDIM, W.T. A abordagem histórico-filosófica como caminho para se introduzir o estudo de cosmologia no ensino. 2012. 223 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2012.

M18 MASSONI, N.T. Estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas

na formação de professores de física. 2005. 275 f. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

M19 CORDEIRO, M.D. Dos Curie a Rutherford: aspectos históricos e epistemológicos da radioatividade na formação científica. 2011. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

M20 PEREIRA, J.L. Controvérsia entre o modelo corpuscular e ondulatório da luz: um caminho para o ensino da óptica no nível médio. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2011.

M21 MORAIS, A.V. O conceito de energia através da história: a história e a filosofia da ciência como caminho para inserir física moderna e contemporânea na primeira série do ensino médio. 2011. 191 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2011.

M22 BEZERRA, K.M. Resgatando a dimensão filosófica da física através de um texto paradidático. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2011.

M23 TENFEN, D.N. Mapas conceituais como ferramenta para a organização do conhecimento em uma disciplina sobre a história da física. 2011. 206 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

M24 MENEZES, A.M.S. Teoria da relatividade geral no ensino médio: linhas retas e curvas no caminho da física, da literatura e da história e filosofia da ciência. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2010.

M25 SILVA, D.A. Aspectos epistemológicos da física newtoniana na formação científica. 2009. 196 f. Dissertação (Mestrado em Educação

Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

M26 CRUZ, R.S. Tópicos de física moderna no ensino fundamental – a evolução do conceito de movimento, de Aristóteles a Einstein. 2009. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2009.

M27 DUQUE, E.R. História da ciência e o uso da instrumentação: construção de um aparato histórico-científico simples como estratégia de ensino. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2009.

M28 SILVA, W.L.R. A importância de uma abordagem epistemológica na graduação em física. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica. Rio de Janeiro, 2009.

M29 MOURA, B.A. A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII: subsídios para discutir a natureza da ciência no ensino. 2008. 214 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

M30 BARCELLOS, M.E. História, sociologia, massa e energia. Uma reflexão sobre a formação de pesquisadores em física. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

M31 MONTENEGRO, A.G.P. A leitura de textos originais de Faraday por alunos do ensino fundamental e médio. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

M32 MELO, A.C.S. Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica. 2005. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

M33 FLÔR, C.C. Leituras de professores de ciência no ensino fundamental sobre as histórias da ciência. 2005. 159 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

Capítulo 2

**O PIOR INIMIGO DA CIÊNCIA:
PROCURANDO ESCLARECER
QUESTÕES POLÊMICAS DA
EPISTEMOLOGIA DE PAUL
FEYERABEND NA FORMAÇÃO
DE PROFESSORES**

2 O PIOR INIMIGO DA CIÊNCIA: PROCURANDO ESCLARECER QUESTÕES POLÊMICAS DA EPISTEMOLOGIA DE PAUL FEYERABEND NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES¹³

2.1 INTRODUÇÃO

Na segunda metade do século XX, o modo de pensar a atividade científica foi amplamente modificado com os trabalhos de pensadores que, em geral, divergiam entre si, mas suas filosofias tinham certas consonâncias relativas à crítica ao empirismo lógico. Isso levou a filosofia da ciência a um outro patamar de desenvolvimento. Entre os epistemólogos¹⁴ de destaque no século XX, pode-se mencionar Gaston Bachelard (1864-1962), Karl Popper (1902-1994), Thomas Kuhn (1922-1996), Imre Lakatos (1922-1974) e Paul Feyerabend (1924-1994) – nenhum deles causou tanta polêmica quanto este último. Em 1987, a prestigiada revista *Nature*, em artigo escrito por T. Theocharis e M. Psimopoulos (1987), classifica Feyerabend como ‘pior inimigo da Ciência’ (Horgan, 1993).

As ideias de Paul Feyerabend parecem causar sensível desconforto aos admiradores e defensores da Ciência, e muitos as consideram desprovidas de relação com a realidade, e mesmo perigosas (TERRA, 2002). As críticas de Feyerabend, no entanto, não são dirigidas aos cientistas e sim aos filósofos da Ciência que defendem uma epistemologia científica que mascara a complexidade e riqueza das práticas científicas (OLIVEIRA, 2011).

Após a publicação de seu livro mais importante – “Contra o método” (FEYERABEND, 2007) – os ataques à epistemologia ali exposta foram duros. Alguns críticos o chamavam de inconsistente, o que deixava Feyerabend atônito. Outros tinham dificuldades com seu estilo e chegavam a acusá-lo de maligno e agressivo, o que lhe causava surpresa. As críticas foram tantas que chegaram a deixá-lo em depressão durante um ano (FEYERABEND, 1996).

Muitos trabalhos procuram discutir a epistemologia de Paul Feyerabend (REGNER, 1996; VARGAS, 1997; VILLANI, 2001;

¹³ Publicado em *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 1.

¹⁴ Entende-se por epistemologia neste trabalho, o ramo da filosofia que se ocupa das teorias de produção do conhecimento e seu processo de evolução, e por epistemologia da ciência, à visão atual de ciência e o processo de evolução do conhecimento científico (MASSONI, 2005).

TERRA, 2002; LABURÚ et al, 2003; SIQUEIRA-BATISTA et al., 2005; TERRA, 2008; COELHO, 2010; MENDONÇA *et al.*, 2010). No entanto, a epistemologia deste filósofo continua a ser alvo de controvérsias que são geradas, muitas vezes, por interpretações equivocadas.

Entre seus críticos estão epistemólogos importantes como Popper, Kuhn e Bunge. Popper afirma que o relativismo defendido por Feyerabend é uma posição onde qualquer coisa pode ser afirmada e a verdade, portanto, não tem sentido (FEYERABEND, 2011). Já Kuhn rejeita a visão anárquica defendida pelo ‘anarquista epistemológico’ de que o avanço científico está imerso em aspectos ligados à irracionalidade e sustenta que na batalha travada entre um novo e um velho paradigma são utilizados, também e principalmente, argumentos racionais (KUHN, 1979). Bunge faz fortes críticas à ideia defendida por Feyerabend de igualdade de tratamento e de valorização entre o conhecimento científico e outras tradições (como magia ou astrologia) (BUNGE, 1985).

Apesar de o próprio Feyerabend ter rebatido diretamente algumas destas críticas, a confusão em torno de sua epistemologia parece continuar. Exemplos disto são trabalhos publicados por profissionais em revistas de ensino de ciência que afirmam que Feyerabend chega a ser chamado em rodas mais fechadas de ‘terrorista epistemológico’ (REGNER, 1996), de que sua epistemologia não explica o progresso científico (WESTPHALL e PINHEIRO, 2004) e de que ele defendia a tese do ‘vale tudo’ (DELIZOICOV e AULER, 2011).

Neste artigo, não se procurará prioritariamente descrever a epistemologia de Feyerabend, pois já se encontra isto amplamente na literatura, inclusive em português. O que se buscará fazer é desconstruir alguns mitos que são repetidos, inclusive em artigos de profissionais da educação. Entre eles, que o anarquismo epistemológico leva ao caos na ciência, que a tese central desta epistemologia é o vale tudo, que a defesa da irracionalidade na ciência descaracteriza o empreendimento científico e de que o relativismo não explica o progresso da ciência.

A intenção do presente trabalho não é diminuir a rejeição em torno da epistemologia de Feyerabend, menos ainda convencer pessoas a se alinharem a esta corrente epistemológica. Até porque, a valorização da diversidade de pontos de vista é exatamente uma das bandeiras do epistemólogo austríaco. A contribuição que este trabalho pretende proporcionar é a de que as críticas à epistemologia de Feyerabend não sejam uma caricatura repassada por interpretações más sucedidas; mas, quando ocorrerem, que estejam de acordo com as ideias que o

epistemólogo austríaco realmente defendeu. Por fim, procurará descrever quais as possíveis implicações desse debate para o ensino de ciências, especificamente em relação à formação de professores.

2.2 ANARQUISMO EPISTEMOLÓGICO

O termo anarquismo é de origem grega e remete à ideia de não governo. Possui várias correntes, mas todas centradas na defesa contínua da liberdade individual contra as mais diferentes formas de arremetimento e coerção (SIQUEIRA-BATISTA et al., 2005). Pode-se perguntar: Em que sentido uma epistemologia pode ser chamada de ‘anarquista’? – termo muitas vezes usado de maneira a depreciar a obra de Feyerabend.

O próprio Feyerabend relata a origem do termo ‘anarquismo’ em ‘Contra o método’. O termo, em si, surgiu de maneira descontraída por sugestão de Lakatos. Feyerabend admite que “não tive objeções em vestir a capa de anarquista” (p. 8). Porém, ele não considera isto uma confissão de ser anarquista, “mas é claro, me reservo o direito de não agir de acordo com essa convicção e com frequência faço uso desse direito” (2011, p. 222). O epistemólogo austríaco usou o anarquismo por considerar que a ciência tem muitos traços anarquistas, e ainda por ser uma ideia da qual o racionalismo não oferecia qualquer argumento contrário.

Também se pode entender a origem do termo ao conhecer como ‘Contra o método’ foi concebido. Ele foi pensado como um debate entre Feyerabend e Lakatos; o nome original seria ‘A favor e contra o método’ (OLIVEIRA, 2011). O filósofo austríaco sugere que, melhor do que classificar ‘Contra o método’ de livro seria chamá-lo de colagem, pois contém descrições, análises, discussões que foram publicadas quase com as mesmas palavras em um período de dez, quinze até vinte anos antes. No final, Feyerabend colocou a ‘colagem’ em uma ordem adequada, acrescentou transições, substituiu passagens moderadas por outras mais violentas e chamou o resultado de ‘anarquismo’. A motivação para a escolha, nas palavras de Feyerabend (1996, p.150), foi que: “Eu queria chocar as pessoas e, ademais, Imre queria que o conflito fosse claro, não apenas outra tonalidade de cinza”.

Mesmo que o termo tenha surgido como retórica, Feyerabend se convenceu de que era adequado. Pois, de acordo com ele, o mundo (que inclui o mundo da ciência) é uma entidade complexa e dispersa, impossível de ser capturada por regras e teorias simples. Feyerabend caracteriza a Ciência como um empreendimento essencialmente

anárquico, mas é preciso entender a que ele se refere quando faz tal colocação.

Logo no início de ‘Contra o método’ ele explica que o anarquismo não é a mais atraente corrente política. No entanto, constitui-se em um ótimo remédio para a Epistemologia e Filosofia da Ciência. A argumentação de Feyerabend se sustenta em sua análise da História da Ciência. De acordo com ele, ela é mais variada, multifacetária e sutil que o melhor historiador ou metodólogo poderia imaginar.

A História da Ciência está repleta de acidentes, conjecturas curiosas e justaposição de eventos que tornam possível entender a complexidade das mudanças feitas pelo homem e seu caráter imprevisível. Tratar a História da Ciência por meio de regras estreitas e imutáveis é uma simplificação dos atores do meio em que o cientista trabalha. Tal cenário torna inaceitáveis as regras simples ou ingênuas que os metodólogos usam para explicar todo este ‘labirinto de interações’ e também uma História da Ciência de fatos nus, pois ela está repleta de ideias, interpretações, erros e assim por diante. A História da Ciência é tão complexa, caótica, repleta de erros quanto à mente dos que a construíram.

Para justificar o anarquismo epistemológico, Feyerabend argumenta que a ideia de um método com princípios fixos, imutáveis e obrigatórios não é compatível com os resultados de uma pesquisa histórica. Ao se analisar a história, percebe-se que não há uma única regra, mesmo que fortemente fundamentada na epistemologia, que não seja violada. E ainda, tais violações são necessárias ao progresso da Ciência. Feyerabend cita episódios historicamente importantes que só foram possíveis porque seus protagonistas não se deixaram limitar pela metodologia ‘óbvia’ e violaram suas regras deliberadamente. Alguns dos episódios citados são: a invenção do atomismo, a Revolução Copernicana, a esteoquímica e a teoria quântica.

É necessário, no entanto, diferenciar o anarquismo epistemológico, do qual Feyerabend se declara participante, do que ele chama de anarquismo ingênuo. Este último é classificado pelo filósofo austríaco como aquele que vê o caráter limitado de todas as regras e padrões e infere que eles são desprovidos de valor e devem ser abandonados. Feyerabend rejeita o rótulo de anarquista ingênuo, por defender, em muitas passagens, que certos procedimentos auxiliam o empreendimento científico. Ele procurou mostrar que houve falha nos padrões familiares em vários episódios, mas que também os procedimentos não familiares tiveram êxito.

Logo, Feyerabend reconhece que esteja de acordo com a limitação das regras e padrões, mas não sustenta que se deva proceder sem eles. Ainda, afirma que poderá chegar o dia em que seja pertinente defender regras fixas a ponto de excluir todo o resto, mas ele acredita que não vivemos este tempo.

O termo anarquismo usado por Feyerabend não leva a um caos na Ciência; somente serve de alerta de que não existe apenas um método universal. Esta postura mais livre do empreendimento científico pode incomodar muitos crentes de um método infalível. Porém, segundo Feyerabend, ele está de acordo com o teste da análise histórica na qual não há uma única regra, postulante ao posto de universal, que não seja violada.

2.3 RELATIVISMO E O PRINCÍPIO DO ‘VALE TUDO’

Antes de discutir o relativismo de Feyerabend, é necessário tecer algumas considerações sobre possíveis definições de racionalismo e relativismo, já que houve muitas contribuições na filosofia da ciência desde que o epistemólogo austríaco publicou suas críticas ao que ele chamou de racionalismo. Não obstante, dada a abrangência e complexidade do tema, o foco estará voltado para as definições feitas por Feyerabend em sua obra. As críticas se limitam aos racionalistas que se enquadram na descrição de Feyerabend, não sendo estendidas a quem não cabe na imagem racionalista construída pelo epistemólogo austríaco. Portanto, as análises e críticas que se seguem são restritas e limitadas, não têm a intenção de atingirem a todos os racionalistas ou aqueles que se consideram como tal.

Uma possível descrição destes termos, no contexto da análise crítica desenvolvida por Feyerabend, é feita por Chalmers (1993). Um racionalista extremo acredita na existência de um critério único, universal e atemporal que se presta a avaliar teorias rivais. De acordo com esta classificação, tanto os indutivistas como os falsificacionistas podem ser enquadrados como racionalistas. Os primeiros por crerem que o critério universal é o grau de corroboração indutivista, e os falsificacionistas por acreditarem no grau de falsificabilidade de teorias não falsificadas. Seja qual for a crença do racionalista, seu método universal deve ser não-histórico, julgando méritos de comparação desde o embate entre a física aristotélica e newtoniana até a psicologia freudiana e o behaviorismo. O racionalista acredita que a fronteira entre ciência e não-ciência é clara; científicas são as teorias que sobrevivem

ao teste de seu critério universal. Ainda, o racionalista típico dá alto valor ao conhecimento produzido por seu método, e acredita que ele leve à verdade. Para ele, portanto; verdade, racionalidade e ciência são intrinsecamente ligadas.

Ainda, segundo Chalmers (1993), o relativista nega que haja um padrão de racionalidade único, universal e não-histórico com o qual se possa julgar que uma teoria seja melhor do que outra. Em relação a teorias científicas, o valor de melhor ou pior dependerá de indivíduo para indivíduo, de comunidade para comunidade. Logo, as caracterizações de progresso científico e os critérios de julgamento da qualidade de uma teoria dependerão dos indivíduos e/ou grupos que aderem a eles. As decisões e escolhas de um grupo de cientistas são feitas de acordo com aquilo que esta comunidade atribui valor, e não por meio de um critério universal. A compreensão das escolhas feitas por um cientista individual requer uma análise psicológica; para um grupo, demanda uma análise sociológica. A exigência racionalista do método universal poderia colocar os cientistas na categoria de sobre-humanos, sempre agindo de acordo com a racionalidade de sua exigência metodológica. A questão da fronteira entre ciência e não-ciência variará, para um relativista, de acordo com os critérios de valor e dos interesses para julgar os méritos de uma teoria por um indivíduo e/ou grupo, tornando-se esta fronteira para um relativista extremamente arbitrária e muito menos importante que para um racionalista. Um relativista nega a existência ‘da’ ciência, intrinsecamente superior a outras formas de conhecimento. De acordo com Chalmers, segundo um relativista, se a ciência “é altamente respeitada em nossa sociedade, isto deve então ser compreendido analisando-se a nossa sociedade, e não simplesmente analisando a natureza da ciência” (1993, p. 140).

De acordo com Ariza e Harres (2002), na via identificada com a lógica formal e o empirismo pode-se colocar o positivismo e o pensamento popperiano. Por sua vez, na identificada com uma via histórica se enquadram as ideias de Lakatos, Kuhn e Feyerabend. A epistemologia do autor de ‘Contra o método’ é classificada por Ariza e Harres (2002) como situada no relativismo epistemológico radical. Eles justificam tal avaliação devido a análise histórica profunda feita pelo filósofo austríaco e sua proposta de impossibilidade do estabelecimento de regras e critérios universais para avaliação de uma teoria científica. Também, pela defesa de que ciência não tem *status* epistemológico superior a outras formas de conhecimento. O grande mérito nesta análise da obra de Feyerabend é a de desideologizar a Ciência. Stephen Toulmin (1977) justifica, mesmo que não concorde, esta posição de

Feyerabend como uma resposta ao autoritarismo implícito que está presente tanto nas posturas racionais como nas empíricas, que impediria legítimos avanços teóricos que não se ajustassem a regras exigidas previamente.

Para Feyerabend, a racionalidade tem papel importante na defesa da civilização ocidental. Segundo sua definição, o termo “significa evitar certas ideias e aceitar outras”; “no sentido formal significa seguir certo procedimento” (2010, p. 17). Sendo o racionalismo a filosofia inerente a essa abordagem teórica, que é definido por Feyerabend como a “ideia de que há regras e padrões gerais para guiar nossos assuntos, assuntos de conhecimento até” (FEYERABEND, 2007, p. 289). Para ele, a crença de que algumas exigências são objetivas e independentes da situação desempenham papel importante no racionalismo.

A ideia central que Feyerabend defende ao criticar essas crenças é de que “nem a ciência nem a racionalidade são medidas universais de excelências” (2007, p. 289). A racionalidade não é um árbitro entre tradições, mas é ela própria uma tradição, ou parte de uma – diferentes tradições dão origem a diferentes juízos. Para Feyerabend, o relativismo que parece razoável, humano e civilizado é aquele que presta atenção no pluralismo de tradições e valores, ao considerar que uma tradição só assume propriedades desejáveis quando vista por seus participantes sob seus valores – ou seja, as tradições não são boas ou más, elas simplesmente são. De acordo com Feyerabend, relativismo é a filosofia que “solapa a própria razão” (2010, p. 21).

Para entender o relativismo de Feyerabend é necessário considerar a origem desta sua posição, que, para autores como os citados anteriormente, parece radical. Preston (1997) argumenta que a guinada historicista de Feyerabend aconteceu devido à convivência e influência de Thomas Kuhn na Universidade de Berkeley na década de 1960. O próprio Feyerabend assume convergências fortes entre sua epistemologia e a de Kuhn em ‘Contra o método’ (FEYERABEND, 2007, p. 288):

Também juntei-me a Kuhn na exigência por uma fundamentação histórica da ciência, mas ainda divirjo dele ao opor-me à autonomia política da ciência. Excetuando-se isso, nossas concepções (isto é, minhas ideias publicadas e a filosofia recente de Kuhn, ainda não publicada) parece-me ser agora quase idênticas [...].

De acordo com Oliveira (2011), o ‘desvio’ relativista de Feyerabend não pode ser atribuído unicamente à influência de Kuhn. Ele vivenciou o epicentro da busca por liberdade e tolerância durante a década de 1960 na Califórnia, em meio a um clima de rebeldia e reivindicação de um pluralismo de formas de vida, e tal clima pode ter influenciado o professor austríaco. Além do ambiente de lutas estudantis e pelos direitos civis, outro importante aspecto precisa ser levado em consideração: a influência do filósofo inglês John Stuart Mill (1806-1873). Entre as obras mais relevantes de Mill está uma de grande impacto sobre Feyerabend, ‘Sobre a liberdade’ (MILL, 1991). Em Mill, Feyerabend encontrou uma bandeira humanista. O filósofo inglês defende o pluralismo de opiniões e da liberdade diversa. Argumenta que silenciar uma opinião, mesmo que minoritária, é um roubo à humanidade, pois se ela estiver certa, ficam todos privados de trocar o erro pela verdade, se estiver errada perde-se uma confirmação para a verdade. Do mesmo modo, Feyerabend defende que teorias, mesmo que falseadas, não devem ser silenciadas e abandonadas sem prejuízo para a humanidade.

Para o filósofo austríaco, o relativismo é atacado não por se encontrar uma falha nele, mas por temê-lo (FEYERABEND, 2011, p. 99): “os intelectuais o temem porque ele ameaça seu papel na sociedade, assim como o Iluminismo em uma época ameaçou a existência de padres e teólogos”. O relativismo permite que as ideias pelas quais os intelectuais têm mais carinho possam ser consideradas desinteressantes para outros que foram criados fora de sua tradição. Para um cristão, racionalista ou marxista esta ideia é insuportável, pois acredita que só existe uma verdade e ela deve ser preservada. A aversão ao relativismo é por ele desconstruir este exercício de superioridade.

Feyerabend discute o relativismo em seu ensaio publicado em ‘Adeus à razão’ (FEYERABEND, 2010), intitulado ‘Notas sobre o relativismo’ (p. 27-110). Para ele, não existe apenas um relativismo, mas uma variedade de pontos de vista a respeito. Ele destaca três: o relativismo prático, o democrático e o epistemológico. Mas em todos, afasta-se da ideia que relativismo é sinônimo de arbitrariedade.

Em relação ao primeiro tipo de relativismo, o prático, trata-se da maneira pela qual diferentes ideias, costumes e tradições podem influenciar nossa vida. Para discuti-lo, Feyerabend introduz e defende o que chama de Tese 1, na qual indivíduos, grupos e civilizações inteiras podem lucrar com o estudo de culturas, instituições e ideias diferentes das suas. Quanto ao relativismo democrático, ele define como sendo aquele que afirma que sociedades diferentes podem olhar o mundo de

maneiras distintas e considerar coisas diferentes como aceitáveis. Já o relativismo epistemológico é aquele que defende que existem muitas maneiras diferentes de viver e acumular conhecimento. Por exemplo, as teorias científicas se ramificam em várias direções, usam conceitos diferentes e descrevem eventos de maneiras diferentes.

Ao discutir sua Tese 1, Feyerabend faz a ressalva de que não se trata de uma exigência metodológica – apenas indica que o estudo de outras culturas pode ser benéfico. O filósofo austríaco destaca que existem quatro possíveis posicionamentos perante a Tese 1.

O primeiro a rejeita. Acontece quando uma visão de mundo está fortemente consolidada e influencia muito a vida dos que a creem, tornando-se a única medida aceitável de verdade e excelência. Como exemplos, Feyerabend cita as leis de Deuteronômio, o Estado de Platão e a ciência de cientistas (e filósofos) que pretendem que seus produtos e visões sejam hegemônicos. No segundo também há rejeição, mas somente por membros de áreas específicas; ocorre quando a sociedade é composta por uma pluralidade de paradigmas. O terceiro posicionamento é uma resposta mais liberal, ao admitir um intercâmbio de ideias e atitudes, mas sob a regulamentação da tradição original. Por fim, o quarto posicionamento admite que até mesmo nossas mais preciosas crenças e argumentos mais conclusivos podem ser mudados, aprimorados, perder seu poder ou mesmo se tornar irrelevantes.

Para Feyerabend, a Tese 1 não é só razoável, mas também passa pelo teste histórico. Grande parte da ciência transgrediu os limites estabelecidos por um racionalismo estreito e deu origem a investigações que não excluía métodos e ideias de outras tradições. Para o filósofo austríaco não há qualquer conflito entre a prática científica e o pluralismo cultural. O conflito surge apenas quando não se refere a ciência como um empreendimento livre, mas aquele empreendimento estéril que se constitui em ideologia aos seus defensores.

Feyerabend rebate críticas ao relativismo, entre elas as de Karl Popper. A primeira objeção de Popper é classificada pelo anarquista como uma maldição: o relativismo é uma posição onde qualquer coisa pode ser afirmada. A verdade, portanto, não tem sentido. A primeira afirmação é rebatida ao considerar que o relativismo acredita que leis e instituições são definidas relativamente às necessidades e circunstâncias ao qual estão inseridas. Quanto à “verdade não ter sentido”, isto está vinculado ao argumento de Popper de que a escolha entre teorias rivais é arbitrária e não existe nenhum meio de decidir se uma delas é melhor que outra. Porém, críticos ao argumento de que o debate científico não é decidido de maneira objetiva não negam a existência de meios de

decidir entre teorias diferentes. Muito antes pelo contrário, eles indicam que existem muitas maneiras apoiadas por jogos de poder e não por argumentos.

O relativismo de Feyerabend não é sobre conceitos, mas sobre relações humanas. Os filósofos críticos definem as relações humanas de sua própria maneira intelectualizada e ainda se acreditam benevolentes por sua tolerância. Para o filósofo austríaco, eles são ignorantes ou desonestos – ou ambos. O relativismo sustenta que o que é correto em uma cultura não é necessariamente em outra. Neste sentido, relativismo não significa arbitrariedade ao admitir que costumes, leis, ideias são “relativos à” cultura de quem as têm.

Outra crítica de Popper se refere a quando duas partes discordam. Para ele, isto pode significar que uma delas está errada, ou a outra, ou ambas. Mas não, como acreditam os relativistas, que ambas podem estar igualmente corretas. Feyerabend rebate afirmando que tal crítica mostra a fragilidade dos argumentos de Popper. O anarquista usa uma metáfora para o argumento que duas posições conflitantes sobre a mesma situação podem estar ambas corretas. O quadro pato-coelho de Wittgenstein, que pode ser descrito de duas maneiras diferentes e ambas corretas, é um exemplo usado pelo epistemólogo austríaco.

Outra crítica bastante comum à epistemologia de Feyerabend é o que ele chama de slogan *vale tudo*, que tenderia ao relativismo absoluto. Porém, é fácil perceber que tal princípio não leva a um relativismo onde qualquer coisa é válida. Dentro do princípio do *vale tudo* estão muitos valores, regras e procedimentos metodológicos que podem ser rígidos, mas que são válidos apenas para um grupo e/ou indivíduo. E mesmo dentro de valores rígidos, o desenvolvimento só ocorre se tal rigidez puder ser violada.

O próprio Feyerabend comenta sobre a má interpretação deste slogan. Primeiro, esclarece que não se trata de um resumo de suas ideias expostas em ‘Contra o método’, pois não procurou desenvolver ali uma nova teoria das ciências – porque ele acredita que a busca por tais teorias é um empreendimento insensato. A interpretação equivocada de *vale tudo* pode levar a interpretação de que a pesquisa fique mais fácil e o sucesso mais acessível. O filósofo austríaco chama os autores desta interpretação de ‘anarquistas’ preguiçosos e argumenta que (FEYERABEND, 2010, p. 337-338):

[...] uma ausência de padrões ‘objetivos’ não significa menos trabalho; significa que os cientistas têm que checar todos os ingredientes de

sua profissão e não apenas aqueles que filósofos e cientistas que aderem ao sistema consideram caracteristicamente científico. Assim, os cientistas já não podem dizer: já temos os métodos e padrões corretos de pesquisa – agora só precisamos aplicá-los.

Logo, quando se argumenta que o *Vale tudo* defendido por Feyerabend sugere o caos na ciência, ao exigir a não existência de regras e/ou procedimentos, tal crítica não se dirige as ideias defendidas pelo epistemólogo austríaco. Sua alegação é no sentido de não aceitar que existam regras e/ou procedimentos que devam valer de maneira universal. A expressão, *vale tudo*, não mostra nenhuma convicção do autor (FEYERABEND, 2011, p. 236):

Mas “vale tudo” não expressa qualquer convicção minha, é um sumário jocoso do predicamento do racionalista: se você quer padrões universais, digo eu, se você não pode viver sem princípios que se mantêm independentes da situação, da forma do mundo, das exigências da pesquisa, das peculiaridades temperamentais, eu posso lhe dar um princípio assim. Ele é vazio, inútil e bastante ridículo – mas será o “princípio” de que “vale tudo”.

Feyerabend coloca que uma maneira de criticar padrões é fazer pesquisas que os infrinjam. Afirma que é possível perceber em toda a história do desenvolvimento da Ciência (ou em qualquer área) que pesquisas interessantes levaram à revisão dos padrões estabelecidos, muito embora esta não tenha sido a intenção original do pesquisador. Logo, caso se baseie a avaliação em padrões aceitos universalmente, a única alternativa para descrever tal pesquisa é de que ‘vale tudo’. Mesmo que este não seja o único princípio de uma nova metodologia, configura-se como a única maneira pela qual aqueles que estão firmemente comprometidos com padrões universais entendem as tradições e práticas de pesquisa.

As violações das regras não são acidentais, tampouco frutos de desatenção ou de conhecimento insuficientes – como um racionalista poderia argumentar. As violações às regras são feitas de maneira inadvertida pelos pensadores que as fizeram. Esta prática liberal não é apenas recorrente na História da Ciência, - ela é absolutamente

necessária. Especificamente, pode-se demonstrar o seguinte: dada qualquer regra, que pode ser classificada como fundamental ou racional, sempre existem situações onde o mais aconselhável é não somente ignorá-la, mas também adotar a postura ditada por uma regra oposta. Há circunstâncias em que é necessário elaborar e defender hipótese *ad hoc* que contradiga resultados experimentais bem aceitos e estabelecidos, ou ainda que gerem um conteúdo empírico menor que a alternativa existente e empiricamente adequada. Para justificar tal afirmação, Feyerabend analisa parte da obra de Niels Bohr, citando biógrafos respeitados do cientista dinamarquês que diziam que ele abandonava as considerações usuais de simplicidade, elegância ou mesmo consistência. Outros exemplos usados por Feyerabend de teorias contendo falhas lógicas e que obtiveram resultados interessantes são as primeiras versões do cálculo e da Mecânica Quântica. Feyerabend afirma que versões logicamente consistentes (se existirem) só são possíveis depois de versões imperfeitas terem enriquecido a Ciência.

Estas convicções de Feyerabend são muitas vezes, mal interpretadas, mas elas (FEYERABEND, 2011, p. 123):

[...] não significam que a pesquisa é arbitrária e desgovernada. Existem padrões, mas eles surgem do próprio processo da pesquisa, e não de visões abstratas de racionalidade. É preciso engenhosidade, tato, conhecimento de detalhes para chegar a uma avaliação bem fundamentada dos padrões existentes e para inventar novos, bem como é preciso tudo isso para chegar a uma avaliação bem fundamentada das teorias existentes e para inventar novas.

Os argumentos de Feyerabend também são criticados evocando um ‘apelo à razão’. O filósofo austríaco responde a esta crítica dizendo que, quando um racionalista faz tal apelo está sucumbindo a uma manobra política. Para desenvolver seu argumento, ele faz uma comparação inusitada (2007, p. 40):

Assim como um bem treinado animal de estimação obedecerá a seu dono, por maior que seja o estado de confusão em que se encontre e por maior que seja a necessidade de adotar novos padrões de comportamento, da mesma maneira um racionalista bem treinado irá obedecer à

imagem mental de seu mestre, manter-se-á fiel aos padrões de argumentação que aprendeu, apegar-se-á a esses padrões, por maior que seja o estado de confusão em que se encontre, e será inteiramente incapaz de compreender que aquilo que considera ser a ‘voz da razão’ não passa de um efeito casual subsequente do treinamento que recebeu.

O ‘vale tudo’ consiste em lançar as contra-regras, que se opõem às regras bem conhecidas da ciência. Um exemplo deste tipo de regra é a de que as experiências ou fatos medem o êxito de uma dada teoria se estão em concordância com ela e a discordância entre teoria e dado compromete-a. A contra-regra correspondente é a de introduzir hipóteses que sejam inconsistentes com fatos bem conhecidos, procedendo assim contra-indutivamente. De acordo com Feyerabend, esta contra-regra não necessita de defesa especial, pois não existe uma única teoria que concorde com todos os fatos bem estabelecidos em seu domínio.

Feyerabend é criticado por alguns comentaristas por estes o alinharem ao que ele chama de ‘versão sofisticada do idealismo’, onde não se defende mais que a racionalidade (a lei etc.) é universal, mas cada contexto tem regras racionais correspondentes. O ‘anarquista epistemológico’ comenta que seus críticos ainda fazem a ressalva que ele substituiu regras gerais por outras mais revolucionárias – como a contra-indução, e atribuem a ele “uma ‘metodologia’ que tem ‘tudo vale’ como um de seus princípios básicos” (2007, p. 310).

No entanto, Feyerabend chama a atenção que deixou bem claro, logo no início de ‘Contra o método’, que não tinha intenção de substituir um conjunto de regras por outro, mas convencer o leitor que toda regra, mesmo a mais óbvia, tem limite. Mesmo se os padrões de racionalidade mudem, eles continuarão pertencendo a um domínio abstrato de regras, lógica e padrões.

Feyerabend alerta que (2007, p. 48):

Poder-se-ia, portanto, ter a impressão de que estou recomendando uma nova metodologia que substitua a indução pela contra-indução e utilize uma multiplicidade de teorias, concepções metafísicas e contos de fadas em vez do costumeiro par teoria/observação. Esta impressão certamente seria errônea. Minha intenção não é

substituir um conjunto de regras gerais por outro conjunto de mesma espécie: minha intenção, ao contrário, é convencer a leitora ou o leitor de que todas as metodologias, até mesmo as mais óbvias, têm seus limites.

Outra ressalva de Feyerabend é que ele nunca defendeu, como alegam seus críticos, que todas as regras e padrões são desprovidos de valor e devem se abandonar. Ele adverte que mostrou que, em muitas passagens de história da ciência, certos procedimentos, de fato, auxiliaram os cientistas em suas pesquisas.

Logo, o que Feyerabend defende quando afirma que a racionalidade não é uma medida de excelência, é de que tanto regras absolutas como as dependentes de contexto têm seus limites: “todas regras têm seus limites e não há uma ‘racionalidade’ abrangente”, mas não “deveríamos proceder sem regras e padrões” (2007, p. 310-311). Nesta perspectiva, as acusações de seus críticos são insustentáveis.

2.4 IRRACIONALIDADE

Em ‘Adeus à razão’ (2010), Feyerabend identifica a origem do racionalismo, ainda na Grécia antiga. No início, ele vai substituir conceitos ricos e dependentes da situação por poucas ideias abstratas e independentes da situação. Isto provocou a ideia de que as próprias coisas produzem a História e o fazem objetivamente, sem influência da opinião e das compulsões históricas. Por fim, decretou que o conhecimento é único, de que existe apenas uma história aceitável e que a verdade é independente da situação e baseada no argumento (Regner, 1996).

A objeção de Feyerabend à racionalidade é muitas vezes confundida como um ataque a própria ciência. A racionalidade tem grande popularidade entre filósofos da ciência e entre os próprios cientista, e muitos acreditam que ciência e racionalidade sejam sinônimos. Porém, Feyerabend procura sempre fazer a distinção entre estas duas tradições; neste sentido, afirma que (2011, p. 20):

[...] episódios famosos na Ciência admirados igualmente por cientistas, filósofos e pessoas comuns não eram “racionais”, não ocorriam de uma forma “racional”, a “Razão” não era a força que os

impulsionava, e eles não eram avaliados “racionalmente”.

Para Feyerabend, a racionalidade é uma entre muitas tradições, e não se constitui em um modelo em que as outras tradições devem se adaptar. A diversidade é benéfica e a uniformidade, por sua vez, “diminui nossas alegrias e nossos recursos (intelectuais, emocionais e materiais)” (2010, p.7). Mas o filósofo austríaco faz o alerta de que existem tradições poderosas que são contrárias ao ponto de vista da validade da diversidade, e só admitem tal variedade dentro de certos limites – que podem ser constituídos por leis morais (para regular as ações humanas) ou leis físicas (que regulam nossa posição na natureza).

As críticas de Feyerabend são dirigidas a duas ideias que ele chama de a ideia da Razão ou de racionalidade e a ideia da Objetividade. Quando se afirma que um procedimento é objetivo, faz-se por considerá-lo independente das expectativas, ideias, atitudes e desejos humanos. Reivindicação que muitos cientistas e intelectuais fazem acerca de seu trabalho, mesmo sendo esta ideia muito mais antiga que a própria ciência. Os gregos antigos não inventaram o argumento, mas uma maneira especial e padronizada de argumentar, que, acreditavam, era independente da situação em que ocorresse e os resultados tinham validade universal. Foi após isto que a ideia mais antiga de verdade dependente da situação foi substituída pela noção formal de objetividade.

Ser racional, no sentido material do termo, significa aceitar algumas ideias e rejeitar outras. No sentido formal significa aceitar certo procedimento. Logo, a noção de racionalidade é ambígua, nunca explicada claramente. Razão e racionalidade podem ser ligadas com a ideia de procedimento e “depois rodeá-la com uma aura de excelência” (FEYERABEND, 2010, p. 18). O poder embelezador da razão é identificado por Feyerabend como tendo origem na crença de que existe uma maneira certa de viver e que o mundo deve aceitar – ligada, por exemplo, às conquistas mulçumanas, às cruzadas e ao marxismo.

Segundo Feyerabend, os problemas em relação à objetividade não são nada surpreendentes, pois “procedimentos ‘formais’ fazem sentido em alguns mundos, mas são tolices em outros” (2010, p. 15). Porém, à medida que a ciência se desenvolveu, a noção de objetividade foi usada para legitimar os corpos de informação existentes. Hoje em dia, ser racional é aceitar a opinião de um especialista que garante ter chegado a seus resultados como obra da razão – e também usar a força obtida com esta argumentação para suprimir qualquer ideia contrária. O filósofo

austríaco usa palavras de Immanuel Kant (1724-1804) para ilustrar esta situação (p.19):

Se eu tiver um livro que compreenda por mim, um pastor que tenha uma consciência por mim, um médico que decida minha dieta e assim por diante, não preciso me incomodar. Se eu puder pagar, não preciso pensar – outros irão prontamente realizar o trabalho cansativo por mim.

Feyerabend alerta que sempre houve pessoas que lutaram contra a uniformidade e defendem o direito de cada indivíduo de pensar, viver e agir como lhe pareça conveniente. Esta variedade cultural não entra em conflito com a ciência quando vista como um empreendimento livre. Ela está em conflito quando se vê a ciência com o racionalismo, pois “não há nada na natureza da ciência que exclua a variedade cultural” (FEYERABEND, 2010, p. 20).

Muitos questionaram as suas críticas ao racionalismo, afirmando que elas não se aplicavam ao racionalismo crítico de Popper. Karl Popper é o grande nome do Racionalismo Crítico. Esta vertente traz o termo crítico para dar significado à possibilidade de refutar hipóteses e teorias ao assumir sua falibilidade. Feyerabend sofreu muita influência do racionalismo crítico; Popper foi seu orientador em Londres. Inclusive, algumas críticas ao positivismo são compartilhadas por Feyerabend e o racionalismo crítico, tais como a impossibilidade de uma linguagem teoricamente neutra.

O propósito inicial de Popper era apresentar um conjunto de regras úteis, não um método universal. Feyerabend afirma que uma filosofia universalmente crítica, como a de Popper, não tem substância, ela não exclui nada, elimina ideias e bloqueia ações que poderiam se manter (FEYERABEND, 1996).

Para Feyerabend, quando Popper publicou ‘Conjecturas e refutações’, o livro trazia observações valiosas, mas não originais – porém esta postura foi logo substituída por uma visão de que toda a atividade científica deveria se comportar de acordo com as exigências do método racionalista. A meta falsificacionista era de apresentar um método suficiente e necessário para separar a ciência empírica da metafísica. Esta separação, para Feyerabend, não corresponde a uma realidade científica e se constitui em ilusão abstrata (OLIVEIRA, 2011).

Feyerabend identifica três temas centrais na filosofia de Popper: racionalismo crítico, falsificação e o realismo. O racionalismo crítico é o

eixo do pensamento de Popper. Para ele, consiste em uma tradição que procura entender o mundo e que aprende com o argumento. Constitui-se como pluralista, pois coloca em embate pontos de vista diferentes. Popper considera que as conquistas científicas são as maiores realizações da História.

Popper coloca que é sensato e racional valer-se daquilo que foi rigidamente testado e sobreviveu – com ênfase na ciência ocidental. Para ele, todas as formas de conhecimento são frutos de tentativas e erros, visão que pode acomodar duas tradições diferentes: teórica e histórica. A primeira está intimamente ligada a ascensão da Filosofia e das ciências teóricas, como a Matemática e a Astronomia. A segunda contém as artes e outras formas de conhecimento prático. Claramente Popper dá preferência para a tradição teórica, e argumenta que só elas contam.

Feyerabend faz objeção a este argumento de Popper. Para o anarquista, as tradições históricas produzem conhecimento regional e relativo (o que é bonito ou feio, bom ou mal, certo ou errado, verdadeiro ou falso, etc.). Porém, ao contrário do que afirma Popper, isto não faz com que eles percam sentido ou reduz sua força. Para Feyerabend, “todas as opiniões, embora relativas e regionais, merecem consideração” (2010, p. 202).

As tradições teóricas tentam criar informações que não dependam das condições especiais, não sendo relativas e sim objetivas – no sentido moderno do termo. As informações regionais são desnecessárias ou mesmo subordinadas a visões mais gerais. Nas palavras de Feyerabend: “Hoje em dia, muitos intelectuais já consideram o conhecimento teórico ou ‘objetivo’ o único conhecimento que vale a pena considerar. O próprio Popper encoraja esta crença em virtude de sua difamação do relativismo” (2010, p. 202). Porém, o regionalismo do fenômeno nunca foi vencido, nem pela ciência tampouco pela Filosofia. A impossibilidade de unir as diversas ideias de uma mesma ciência é devido a que algumas das ideias a serem unidas negam as condições de uso para as afirmações das outras – o que indica o caráter ‘relativo’ ou ‘regional’ destas ideias.

Muitos cientistas tentam sem remorso combinar pedacinhos de várias teorias, o que incomoda muito um purista. Para este cientista, a ciência não é uma tradição teórica-dedutiva como Popper presume, mas se constitui em uma tradição histórica.

Para Popper, a falsificação exerce um papel primordial na História da Ciência. Para Feyerabend, avaliar esta afirmação não é nada fácil. Ela pode ter um significado em relação ao número total de

falsificações ser maior que outros eventos, ou que nenhum desenvolvimento importante ocorreu sem falsificação ou mesmo que a maior parte dos eventos importantes ocorreu por meio de falsificações. A argumentação contrária de Feyerabend contra Popper se concentra no terceiro possível significado da afirmação de Popper.

Um dos pontos da argumentação de Feyerabend se concentra na lista do próprio Popper, publicada na introdução de 1982 do pós-fácio de “A lógica da pesquisa científica”, intitulado de “Realismo e o objetivo da Ciência”. Nesta obra, Popper oferece uma lista com vinte exemplos em que a refutação liderou a reconstrução revolucionária teórica (POPPER, 1983, xxvi).

Para o anarquista epistemológico (2010, p. 207), “a própria lista conta uma história interessante que tem muito pouco a ver com o que Popper extrai dela”. Nem todos os itens da lista são de refutações. Como no seu item 2, que cita que Galileu teria refutado a teoria da antiperístase, porém não refutou. Segundo Feyerabend, Galileu aceitou inicialmente a teoria geral de Aristóteles, e mesmo depois quando a rejeitou nunca a refutou por completo.

A segunda dificuldade da lista de Popper é que, mesmos os casos que parecem se enquadrar no modelo de refutação seguida de reconstrução, a refutação é parte insignificante, quase trivial, de um evento complexo. Um dos exemplos analisado é o item 1 da lista de Popper, que se refere ao atomismo, no qual, segundo Feyerabend, Leucipo atuou de maneira bastante intuitiva e a ‘refutação’ foi uma reflexão posterior à sua escolha, não sendo um elemento primordial.

Uma terceira dificuldade é a premissa de Popper de que a aceitação ocorre como resultado de mudanças e convulsões teóricas causadas pela falsificação. Como exemplo, Feyerabend analisa o item 12 da lista que diz respeito ao efeito fotoelétrico, segundo o qual nem Planck, nem Bohr, tampouco Einstein, estavam preparados para considerar as equações de Maxwell como tendo sido refutadas. Bohr se manteve fiel à teoria ondulatória clássica até a década de 1930.

Para Feyerabend, os exemplos citados por Popper, à luz de uma análise mais profunda, passam de refutações que desempenham papel proeminente em reconstruções teóricas para processos com papel secundário desinteressante. Quando ocorreram, não foram o motor principal da mudança científica.

De acordo com Feyerabend, Popper é um realista, que teria extraído seu realismo das concepções de realidade da ciência e do senso comum ocidental. Este realismo estaria alinhado com a concepção de que existe um mundo independente de nós e que existe a possibilidade

de explorá-lo de maneira crítica. A ressalva do anarquista epistemológico a esta visão de Popper é que ela estaria restrita a uma escola muito limitada, que reduz a questão do problema do conhecimento e da realidade à questão entre o positivismo e realismo e “distorce as ideias até elas se encaixarem nesse padrão” (2010, p. 211).

Ao exigir o adeus à razão, Feyerabend justifica que sua preocupação não é nem a racionalidade, nem a ciência, nem a liberdade (consideradas abstrações por ele); mas a qualidade de vida dos indivíduos. A exigência do adeus à razão pode ser entendida de duas formas: a primeira com respeito a alguns pensadores que, ao se tornarem confusos e abalados pelas complexidades da História, abandonaram a razão e a substituíram por sua caricatura; e a segunda é o abandono da corrente de grande sucesso entre filósofos que não gostam de complexidade e entre políticos que lutam pela dominação do mundo.

Se os padrões da Lógica e da racionalidade tivessem sido aplicados com determinação, teriam sido muito prejudiciais ao desenvolvimento da Ciência. Entre os exemplos utilizados por Feyerabend para ilustrar este argumento, está o uso do telescópio, por Galileu, um instrumento ainda sem uma explicação teórica pela ciência da época, que anunciava descobertas que questionavam a proclamada perfeição do mundo supralunar de Aristóteles. Com este exemplo, Feyerabend procura enfatizar que a Ciência difere profundamente dos padrões ingênuos de excelência propostos pelos racionalistas.

Feita esta caracterização do racionalismo e do racionalismo crítico entende-se que as críticas de Feyerabend concentram-se principalmente na tradição que estas posturas filosóficas trazem de obediência a regras fixas e a padrões imutáveis. As regras bem conhecidas do empreendimento científico consideram que a concordância entre “experiências” ou “fatos” e uma teoria a favorece, e a discordância compromete-a e talvez force a sua eliminação. Tal regra é essência do empirismo, de acordo com o filósofo austríaco.

A sua contrarregra é a que aconselha a proceder de maneira contraintuitiva, ou seja, introduzir e elaborar hipóteses que sejam inconsistentes com teorias bem estabelecidas e/ou fatos bem estabelecidos. Feyerabend coloca que questões a respeito podem ser levantadas, tais como: a razoabilidade desta contrarregra, que circunstâncias favorecem seu uso, quais são os argumentos a favor e contra ela.

Para tentar elucidar estes posicionamentos, Feyerabend examina primeiro a questão de levantar e desenvolver hipóteses inconsistentes

com teorias aceitas e confirmadas. Após isto a de suscitar e aprimorar hipóteses inconsistentes com fatos bem estabelecidos.

No que se refere a primeira abordagem, Feyerabend argumenta que o conhecimento não é uma série de teorias autossustentáveis que convergem para uma concepção ideal; “não é uma aproximação gradual da verdade” (2007, p. 46). Antes, o conhecimento é um mar de alternativas mutuamente incompatíveis, onde teorias, contos de fadas e mitos contribuem para um processo de competição que desenvolve nossa consciência. Assim, podemos entender que uma evidência que pode refutar uma teoria só pode ser revelada com o auxílio de uma alternativa incompatível – a recomendação de recorrer às alternativas só quando a teoria atual foi refutada é “colocar o carro diante dos bois” (p. 46). Além disto, algumas das mais importantes propriedades formais de uma teoria são obtidas não por análise, mas por contraste, logo, para compreender claramente uma teoria e maximizar seu conteúdo empírico, é aconselhável introduzir outras concepções por meio de uma metodologia pluralista.

Em relação a segunda abordagem, Feyerabend sustenta que não necessita de defesa especial. Seu argumento é de que “não existe uma única teoria interessante que concorde com todos os fatos conhecidos de seu domínio” (2007, p. 47). A contraindução é razoável e tem uma chance de êxito, o que pode ser elucidado com o auxílio de exemplos históricos.

Feyerabend procurou mostrar a irracionalidade do racionalismo, devido a suas regras se tornarem autodestrutivas. Por sua vez, para o filósofo austríaco há “razoabilidade do irracionalismo” para o progresso da Ciência, sendo este irracionalismo caracterizado pelas contrarregras. No entanto, o próprio epistemólogo chama a atenção de que não está propondo uma nova metodologia, a contraindução. Ele apenas declara ter a intenção de mostrar que todas as metodologias têm limites. Logo, quando Feyerabend se coloca contra o racionalismo e defende a razoabilidade do irracionalismo ele o faz em defesa de conceitos dependentes da situação. Mais uma vez, a motivação de Feyerabend para sua posição é a crença na impossibilidade de um método universal, rijo e imutável. Ele não ataca o empreendimento científico; este ataque só pode ser entendido quando a ciência é vista com a limitação do entendimento racionalista.

2.5 A CIÊNCIA CONTROLADA

Outro ponto importante, analisado por Feyerabend, é que uma sociedade racionalista não é inteiramente livre. A justificativa do filósofo austríaco é de que, como claramente os racionalistas têm poder, eles não tomarão a sério colaboradores até que tenham se tornado racionalistas; logo, nesta sociedade, tem-se que jogar o seu jogo. Em uma sociedade livre, todas as tradições – não só a racionalista, têm direitos iguais e acesso igual à educação e outras posições de poder. Uma sociedade livre não será imposta, mas emergirá quando as pessoas estiverem engajadas em uma troca aberta em que respeite o parceiro (indivíduo, cultura inteira) – a troca aberta estabelece ligações entre diferentes tradições.

Para Feyerabend (2007, p. 319):

A ciência não é uma tradição isolada nem a melhor tradição que há, exceto para aqueles que se acostumaram com sua presença, seus benefícios e suas desvantagens. Em uma democracia, deveria ser separada do Estado exatamente como as igrejas ora estão dele separadas.

O argumento do filósofo austríaco pode ser resumido ao refletir acerca de três perguntas: o que é ciência? O que há de tão formidável a respeito da ciência? Como devemos usar a ciência, e quem decide a questão?

Ao tentar responder a primeira pergunta, Feyerabend coloca a ampla divergência que se encontra a respeito disto entre indivíduos, escolas, períodos históricos e ciências inteiras. E apesar de ‘ciência’ ser uma única palavra, ela não representa uma entidade única. Os cientistas procedem de maneiras diferentes, as regras e métodos ou não são obedecidos ou não funcionam na maior parte dos casos como regras práticas. Resultados importantes surgem da confluência entre realizações produzidas por tendências separadas e conflitantes. A ideia de um conhecimento científico positivo e isento de diferenças de opinião não passa de fantasia. O empreendimento científico é heterogêneo. A tentativa de uniformizar tal empreendimento complexo, de delimitar a ciência, não é “algo que seja mais forte e mais coerente do que uma lista” (2007, p. 329), que não parece ter nenhuma relação entre seus itens.

A respeito da segunda pergunta, Feyerabend coloca que ela praticamente não é feita, pois a excelência da Ciência é presumida. Há várias medidas dessa qualidade – formidável. Uma delas, entre o público geral é a popularidade. Esta vem da crença de que os resultados científicos são importantes e mesmo essenciais para a sociedade. Porém, para o filósofo austríaco, a alta reputação não é em relação às ciências, mas ao monstro mítico “ciência”. O público geral crê que as notícias dos ‘avanços científicos’ que recebe da grande mídia provem de uma única fonte e são produzidos por um procedimento uniforme. Logo, a propalada popularidade científica é algo muito duvidoso para Feyerabend. Também as vantagens práticas da ciência podem ser questionadas, pois às vezes ela funciona, às vezes não – como as teorias econômicas. Portanto, o fato de uma abordagem ser científica de acordo com algum critério não é garantia de sucesso – cada caso deve ser julgado separadamente. Para resumir o pensamento do filósofo austríaco, não há uma visão de mundo científica, bem como não há um empreendimento uniforme denominado “ciência”.

Para responder a terceira questão, Feyerabend coloca que uma comunidade usará a ciência e os cientistas de maneira que concorde com seus valores e objetivos, corrigindo as instituições científicas que não estejam de acordo. Em uma sociedade democrática, as populações locais não apenas usarão a ciência, mas isto é um dever. A objeção a este argumento é que os cidadãos não têm a competência de um especialista para julgar assuntos científicos. Porém, os problemas importantes tramitam em diversas áreas, e, de acordo com este argumento, cientistas de áreas específicas também não estão qualificados para tal julgamento. Em muitos casos, os próprios cientistas discordam, logo, a competência do público geral para participar deste processo poderia ser melhorada por uma educação científica que expusesse a falibilidade dos especialistas.

Como provocação, Feyerabend compara o comportamento de muitos cientistas e filósofos da Ciência ao de defensores de Uma e Única Igreja: a doutrina da Igreja é verdadeira e tudo o mais é um absurdo pagão. Também classifica os argumentos deste grupo de defensores da Ciência como tesouros da retórica teológica, que agora encontraram lugar na Ciência.

Se este comportamento fosse restrito a um grupo específico, não causaria grande efeito porque, segundo Feyerabend, em uma sociedade livre há espaço para muitas crenças, doutrinas e instituições que possam parecer estranhas à maioria. Mas a fé na Ciência ultrapassou a própria Ciência e agora é artigo de quase todo mundo. A Ciência não é mais

uma instituição particular; ela faz parte do tecido da democracia – tal qual a Igreja foi parte do tecido da sociedade em uma época passada. Hoje, o Estado e a Igreja estão, na maioria dos países, separados, e o Estado e a Ciência trabalham rigorosamente juntos.

A maneira como se aceita ou rejeita as ideias científicas é radicalmente diferentes dos procedimentos democráticos (FEYERABEND, 2011, p. 93):

Aceitamos leis e fatos científicos, ensinamo-los em nossas escolas, fazemos delas a base de decisões políticas importantes, mas sem antes tê-los examinados e sem tê-los submetido a um voto. [...] A sociedade moderna é copernicana não porque Copérnico foi um dos candidatos à votação, discutido de uma maneira democrática e eleito com uma maioria simples; ela é copernicana porque os cientistas são copernicanos e porque aceitamos sua cosmologia de maneira tão pouco crítica quanto aquela com que aceitamos a Cosmologia dos bispos e cardeais.

Porém, neste momento é preciso esclarecer uma questão a respeito desta posição de Feyerabend. Ela não é contrária a Ciência, absolutamente. Tanto que, quando a Ciência competia com muitas outras ideologias – séculos XVII e XVIII – fazia sentido para ele a defesa do empreendimento científico perante outras tradições. Pois, este momento histórico se constituía em uma alternativa libertadora que dava ao indivíduo liberdade para pensar. Nesse período, os métodos e conquistas da Ciência eram submetidos a um debate crítico, e nesta situação fazia muito sentido comprometer-se com a causa da Ciência.

A preocupação do filósofo austríaco é que não existe ideologia inerentemente libertadora; elas podem se deteriorar e se transformar em religiões dogmáticas – o Marxismo, por exemplo. Tal deterioração começa quando alcança muito sucesso e se transforma em dogma no momento em que a oposição é destruída: “seu trunfo é sua ruína” (FEYERABEND, 2011, p. 94).

A simbiose entre Estado e Ciência não é considerada um problema inerente por grande parte dos intelectuais – mesmo os defensores da democracia e da liberdade. Esses intelectuais se consideram racionalistas, e acreditam no racionalismo (que para eles é sinônimo de Ciência) não apenas como uma visão entre muitas, mas a base para a sociedade – a liberdade defendida por eles é concedida

apenas àqueles que aceitam parte de sua ideologia racionalista (científica). Qualquer sugestão de liberdade que interfira com a posição central da Ciência e do Racionalismo é imediatamente atacada por este grupo de intelectuais-liberais.

Uma pergunta que poderia ser feita em relação a este ponto é se não é verdade que os leigos são incompetentes e ignorantes para interferir no atual *status quo* da Ciência, e não seria melhor deixar as coisas assim? Para responder a esta pergunta, Feyerabend faz duas colocações: a primeira com respeito ao direito dos cidadãos e tradições em uma sociedade livre e a outra em relação às consequências desvantajosas de um exercício de privilégio a uma única tradição.

Para analisar estes pontos, o filósofo austríaco argumenta que em uma democracia um cidadão tem o direito de ler, escrever e fazer propaganda do que lhe agrada, não importa o que; se ficar doente, por exemplo, ele tem direito de escolher seu tratamento – curandeirismo, fé ou a medicina ocidental. Todo indivíduo tem, não apenas, o direito de defender suas ideias, mas de viver de acordo e divulgá-las. Esta postura é importante porque a única maneira de chegar a uma avaliação útil daquilo que é verdadeiro é familiarizar-se com o maior número de alternativas.

Quando esse direito de cada cidadão é exercido, ele tem o poder de dar opinião sobre a administração de qualquer instituição em que queira contribuir. Em uma democracia, a decisão das questões científicas passa também pelos leigos, pois, quando tal sociedade está constituída ela é formada por pessoas maduras e não por ovelhas guiadas por um grupo de sabe-tudo. A maturidade é mais importante que o conhecimento especializado.

E mesmo quando confiamos nos pareceres dos especialistas temos que levar em consideração que mesmos eles divergem entre si em assuntos fundamentais – como quando cada médico indica um tratamento diferente. E quando chegamos a uma unanimidade, não temos um aumento imediato de confiança, pois muitas vezes ela é conquistada com decisões políticas.

O que Feyerabend quer defender é que os leigos podem e devem supervisionar a ciência. Para o filósofo austríaco seria uma irresponsabilidade aceitar a avaliação de cientistas sem um exame profundo. A premissa por trás dessas comissões de leigos, usada pelos júris atuais, por exemplo, é a de que pessoas comuns podem detectar erros de especialistas se estiverem dispostas a “trabalhar duro”. Para o conhecimento científico, a premissa de Feyerabend é de que “a Ciência não está além do alcance da sagacidade humana” (2011, p. 122).

Muitos criticam esta posição de leigos envolvidos nas decisões da Ciência argumentando que a Ciência é superior por dois motivos: ela usa o método correto e existem muitos resultados para provar a excelência de seu método. A resposta ao primeiro motivo é direta: não há nenhum procedimento único. Em relação ao segundo, este argumento só tem validade se for possível mostrar que nenhuma outra visão jamais produziu qualquer coisa comparável e que os resultados da Ciência são autônomos – não devem nada a sua interação com outras tradições. Segundo Feyerabend “não há uma única ideia científica que não tenha sido roubada de algum lugar” (2011, p. 130); para argumentar, o epistemólogo austríaco pergunta: de onde Copérnico tirou suas ideias? A resposta, segundo Feyerabend, foi reconhecida pelo próprio Copérnico, de ter sido em autoridades antigas como Filolau – um filósofo pré-socrático pitagórico do século V a.C. que defendia que no centro do universo havia um fogo central, estando a Terra (e os demais corpos celestes) em movimento em torno dele. Ao opor-se à defesa de Aristóteles e outros da Terra imóvel, segundo Feyerabend, Copérnico usou “a razão mística de Filolau (e dos hermetistas) combinada com uma fé igualmente mística no caráter fundamental do movimento circular” (2011, p. 131). Copérnico, portanto, infligiu regras racionais metodológicas e a Astronomia deve muito ao uso não científico de várias ideias. Mesmo com um exame superficial, nenhum dos dois motivos atribuídos para a superioridade da ciência sobrevive, mesmo que a Ciência tenha feito contribuições maravilhosas para nossa compreensão de mundo e suas conquistas práticas sejam ainda mais espetaculares.

Logo, quando Feyerabend sugere que se deve separar a Ciência do Estado, ele não se posiciona contra a Ciência. Seu objetivo é valorizar todas as tradições, e que se permita que essas se desenvolvam livremente, sem privilegiar uma (racionalismo). Em um debate aberto, pode-se perceber que umas tradições têm mais a oferecer que outras, mas isto não justifica a eliminação destas últimas, que deverão sobreviver enquanto houver pessoas interessadas nelas.

2.6 PROGRESSO DA CIÊNCIA

Alguns epistemólogos discordam totalmente da visão relativista de ciência. O argentino Mario Bunge ataca esta forma de entender o empreendimento científico buscando um retorno à visão mais objetiva de ciência e de mundo. Bunge entende a epistemologia de Feyerabend

como uma investida contra a ciência e a considera a consagração da irresponsabilidade intelectual e social (WESTPHAL e PINHEIRO, 2004).

Para Bunge, o anarquismo epistemológico não constitui um triunfo da tolerância e sim uma estultícia onde tudo vale, nada anda bem, nada vale. Segundo ele, a epistemologia de Feyerabend não explica, por exemplo, o progresso científico, o refinamento das teorias e métodos nem sua avaliação. Para o epistemólogo argentino, o progresso científico se dá pela substituição de verdades parciais por outras mais próximas, bem como por outras totalmente novas (WESTPHAL e PINHEIRO, 2004).

Feyerabend não comenta em sua obra as contribuições e críticas da epistemologia de Mario Bunge. Porém, tratando especificamente do progresso científico e refinamento das teorias, a crítica feita pelo epistemólogo argentino não parece se referir às ideias defendidas pelo filósofo austríaco. Logo no início de ‘Contra o método’ ele aborda a questão do progresso científico. Com uma paráfrase de Lênin, defende que a história da ciência não pode ser explicada por meio de regras ingênuas e simplórias, e que o sucesso de uma participação científica só é possível quando ‘um oportunista impiedoso’ que não está ligado a nenhuma corrente filosófica específica adota o procedimento mais adequado para a ocasião em que está imerso, seja lá qual for. Ainda parafraseando Lênin, Feyerabend ressalta que a classe que deseja mudar a ciência, caracterizando o progresso científico, deve dominar, sem exceção, todas as metodologias e qualquer variação que se possa imaginar. Também deve estar preparada para passar de uma metodologia a outra. Esse meio complexo desafia aqueles que procuram entendê-lo por meio de regras estabelecidas de antemão.

Quando se procura entender o empreendimento científico por meio de regras, mesmo que estas sejam fortemente fundamentadas na epistemologia e pareçam plausíveis, ao serem colocadas ao exame da história da ciência, verifica-se que não há uma única delas que não seja violada. E, ao contrário do que possa pensar um racionalista, estas violações não são oriundas de desconhecimento, mas absolutamente necessárias para o progresso. Os exemplos de avanços científicos que só ocorreram porque os pensadores decidiram inadvertidamente violar as regras metodológicas ‘óbvias’ são inúmeros, entre eles: invenção do atomismo na Antiguidade, a Revolução Copernicana, o surgimento do atomismo moderno e a emergência gradual da teoria ondulatória da luz. “Essa prática liberal, repito, não é apenas um fato da história da ciência. É tanto razoável quanto absolutamente necessária para o

desenvolvimento do conhecimento” (FEYERABEND, 2007, p. 37). Por mais ‘racional’ que seja uma regra, sempre há circunstâncias em que é aconselhável não apenas ignorá-la, mas adotar exatamente o oposto.

Uma argumentação, com frequência, perde seu aspecto antecipador e torna-se um obstáculo ao progresso. São eventos, não necessariamente argumentos que nos fazem adotar novos padrões – que incluem formas mais complexas de argumentação. Quando as velhas formas de argumentar se tornam fracas, mesmo o racionalista mais ferrenho deve valer-se de meios mais fortes e ‘irracionais’, de acordo com Feyerabend (2007, p. 39): “É muito difícil, e talvez inteiramente impossível, combater mediante argumentos os efeitos de uma lavagem cerebral”. Até o racionalista mais rigoroso, neste caso, será forçado a recorrer à propaganda e à coerção; então Feyerabend pergunta (2007, p. 40): “qual a utilidade de um argumento incapaz de influenciar as pessoas?”.

De acordo com o epistemólogo austríaco, normalmente se menosprezam aspectos relevantes para o progresso da ciência, tais como: interesses, propaganda e técnicas de lavagem cerebral. Eles têm um papel grande no desenvolvimento da ciência, que se pode perceber a partir de uma análise entre ideia e ação. A criação de alguma coisa e a compreensão plena desta coisa são partes de um processo único, que não é guiado por um programa bem definido; é antes guiado por um vago anseio, por uma “paixão”, e “é esta paixão que dá origem a um comportamento específico que cria as circunstâncias e as ideias necessárias para analisar e explicar um processo, para torná-lo ‘racional’” (FEYERABEND, 2007, p. 41). Um exemplo histórico que dá sustentação ao argumento de Feyerabend é o desenvolvimento da perspectiva copernicana, de Galileu até o século XX. Ela começou com uma firme convicção que era contrária à experiência e à razão da época. Tal convicção se disseminou e encontrou apoio. A pesquisa foi, então, desviada, novos instrumentos construídos e ‘evidências’ passaram a ser prova desta ideologia rica o suficiente para prover argumentos em sua defesa. Este não é um caso isolado, é a normalidade em ciência. As teorias só são claras e ‘razoáveis’ depois de terem partes incoerentes usadas durante algum tempo.

Quando Feyerabend fala de “progresso”, “avanço” e “aperfeiçoamento”, ele afirma que não está de posse de um conhecimento especial do que seja bom ou ruim nas ciências, nem que queira impor tal conhecimento a seus leitores, pois cada um deve interpretar estes termos à própria maneira. Para um empirista, racionalista ou positivista tais termos têm sentidos diferentes, que vão

desde transição de teorias para as que permitam testes empíricos diretos dos pressupostos, até para quem ‘progresso’ signifique unificação e harmonia. Porém, a defesa do anarquismo epistemológico de Feyerabend contribui para o progresso científico em qualquer dos sentidos que se escolha para os termos, pois “mesmo em uma ciência pautada por lei e ordem só terá êxito se se permitir que, ocasionalmente, tenham lugar procedimentos anárquicos” (2007, p. 42). Logo, para o epistemólogo austríaco, a ideia de um método fixo ou de uma teoria de racionalidade fixa é uma concepção ingênua do homem e suas circunstâncias sociais.

Uma possibilidade de avanço científico é por meio do que Feyerabend chamou de contrarregras, que se opõem a ditas regras do empreendimento científico. Tais contrarregras já foram apresentadas na discussão sobre o irracionalismo.

Pode-se perceber por que as teorias modernas com suas estruturas matemáticas coerentes e com grande êxito empírico são consideradas por Feyerabend como um verdadeiro milagre. Elas foram desenvolvidas ocultando as suas dificuldades por meio de hipóteses e aproximações *ad hoc* e outros procedimentos. Logo, a exigência metodológica de que uma teoria deva ser coerente com a experiência e caso contrário rejeitada não passa pelo teste da história da ciência. E mesmo com os resultados atuais, “praticamente nenhuma teoria é consistente com fatos” (2007, p. 85).

A crítica de que a epistemologia de Feyerabend não explica o progresso científico só pode ser interpretada ao ser feita por quem não entendeu ou não quis entender suas colocações em ‘Contra o método’. Pois, a ciência como se conhece hoje só pode ser entendida admitindo-se as contrarregras.

2.7 CONVERSA COM IGNORANTES

Feyerabend utiliza sua argumentação provocativa para responder a críticos em “A ciência em uma sociedade livre” na terceira parte do livro chamada de ‘Conversa com ignorantes’. O filósofo austríaco classifica as críticas respondidas como típicas. Ele procurou rebatê-las para que “o público em geral fique ciente da surpreendente ignorância de alguns ‘profissionais’” (2011, p. 15).

Ele se surpreende com a impressão geral que causa entre os ‘racionalista’, pois seu livro seria “uma tentativa sem brilho de criticar certas ideias sobre Ciência e racionalidade, revelar ídolos por trás dessas

ideias e colocá-los em seu lugar” (2011, p. 155). Feyerabend reconhece que sua argumentação está longe de ser completa; sendo constituída de 85% de exposição e argumentação, 10% de conjectura e 5% de retórica. Os críticos parecem notar apenas estes últimos 5%, concentrando aí suas críticas. O epistemólogo austríaco vê três possíveis motivos para isto: ou os racionalistas não reconhecem um argumento, ou consideram a retórica mais importante, ou ainda as ideias os perturbam tanto que seus “sonhos e alucinações substituem a realidade a sua frente” (2011, p. 156).

Feyerabend não se reconhece no retrato que seus críticos fazem de sua obra. Alguns desses críticos chamam o epistemólogo austríaco de super-revolucionário na política e também na Metodologia. Para esclarecer isto, ele chama a atenção de que considera o anarquismo um remédio para a Epistemologia e História da Ciência, e que em nenhum momento sugere que estas disciplinas devem se tornar anárquicas, mas que devem receber sua influência no momento em que passam por uma crise. No entanto, quando tal crise for superada, talvez a volta para um racionalismo mais iluminado e liberal seja adequada.

Outro ponto que Feyerabend entende como origem das críticas de sua obra diz respeito a interpretações que não passam de distorções – na maioria das vezes erros simples de leitura e compreensão, raramente conscientes, que seriam adequadas a uma retórica sofisticada. Como exemplo, coloca que as frases de ‘Contra o método’ são, ou parte de um contexto, ou descrevem ideias que ele não defende. A leitura superficial de frase soltas pode levar a má interpretação. Um exemplo é: “a verdadeira história da Ciência mostra que os avanços reais do conhecimento contradizem todas as metodologias disponíveis”, que seria o núcleo do pensamento feyerabeniano para muitos críticos. Porém, segundo Feyerabend, “a frase não é uma tese que defendo” (2011, p. 177). Ele não afirma que as metodologias fracassam porque são meramente contraditas pelos fatos, mas sim porque se elas forem aplicadas no contexto dos estudos de caso feitos por ele, teriam impedido o progresso da ciência.

Para expor o que chama de pseudorraciocínio dos racionalistas (que seria a tentativa, por meio de sofismas, táticas de pressão e pronunciamento dogmáticos) de marginalizar o mito e as tradições antigas, Feyerabend opta pela ridicularização do que os racionalistas chamam de argumentos. Muitos críticos não gostam deste estilo, tampouco compreendem sua função – chamando-o de truque para evitar críticas, de injusto e irracional. O ridículo e a frivolidade são considerados formas inadequadas pelos críticos para textos acadêmicos,

mas Feyerabend rebate ao lembrar que na dedicatória de ‘Contra o método’ deixa claro que não se trata de um trabalho acadêmico, mas de uma carta a Lakatos. Também que, nem o ridículo, nem a frivolidade, precisam ser excluídas de textos acadêmicos; para tanto lembra que grandes escritores do Século XVIII (Hume e Voltaire, entre eles) se expressavam em um estilo jovial e descontraído. Porém, gradativamente um tom mais comedido tomou conta do debate acadêmico, ficando a linguagem mais descolorida. Estando os acadêmicos desacostumados a uma linguagem diferente do estilo seco e impessoal, a entendem como sinal de arrogância e agressão. Mas Feyerabend justifica seu estilo como uma maneira de restaurar uma escrita mais antiga e menos formalizada.

Aos analisar as primeiras resenhas críticas de ‘Contra o método’, Feyerabend acreditava que se tratava de incompetência individual de seus autores. Porém, estas maneiras equivocadas de entender as ideias do livro estavam tão difundidas que o epistemólogo austríaco chamou-as de incompetência profissionalizada. Entre as críticas deste padrão está a de que Feyerabend trata episódios históricos como ‘vacas sagradas’, embora seja crítico com relação a fatos em outras ocasiões. Porém, de acordo com o epistemólogo austríaco, ele nunca descreve episódios da História da Ciência como inalteráveis e absolutos. Ele apenas usa tais eventos para solapar a premissa de que a Grande Ciência obedece a padrões universais. Este tipo de uso está de acordo com a possibilidade dos episódios serem hipóteses ou contos de fada – como o próprio Feyerabend por vezes os chama. Caso os racionalistas defensores de regras introduzissem-nas nos episódios históricos, iriam perceber que elas as distorceriam de uma maneira que lhes desagradariam extremamente.

Outra crítica dessa incompetência profissionalizada diz respeito ao mau entendimento do slogan ‘vale tudo’. A argumentação diz que se nenhuma metodologia é perfeita, todos os métodos são inúteis e, portanto, vale tudo. A resposta de Feyerabend é que ele defende com clareza no livro (incluindo o estudo de caso de Galileu) que procedimentos ajudam os cientistas, e, portanto, devem ser usados. Mas alega o fracasso das metodologias tradicionais e a limitação de qualquer metodologia que se candidate a ser universal. Para Feyerabend, o princípio do ‘vale tudo’ é uma piada com os racionalistas e em hipótese nenhuma pode ser entendido como princípio básico de sua ‘metodologia’.

Os mesmos membros do grupo da incompetência profissionalizada afirmam frequentemente que ‘Contra o método’ é recheado de contradições e inconsistências. Feyerabend admite que elas

existam, mas em número bem menor do que julgam seus críticos, que as veem onde não estão, por atribuírem premissas a Feyerabend que ele não aceita e apenas usa. E ainda, o epistemólogo austríaco discute que não há nada de errado com incoerências, pois em sistemas lógicos simplórios elas estão vinculadas a todas as afirmações, mas em outros sistemas de lógica funcionais (como o de Hegel) as incoerências funcionam como princípios de desenvolvimento conceitual – mas os críticos parecem ignorar isto. “Teorias científicas, contendo contradições, progridem, levam a novas descobertas, expandem nossos horizontes” (2011, p. 264). A Ciência não está de acordo com as regras ingênuas da Lógica formal.

Por fim, Feyerabend se defende das críticas que são feitas ao seu argumento de que nas trocas de teorias nem sempre o conteúdo empírico aumenta. Apesar de os críticos admitirem que existam casos deste tipo, eles afirmam que eles são raros. O epistemólogo austríaco sugere apresentar uma longa lista de exemplos em que houve perda de conteúdo. Mas Feyerabend acredita que poucos casos paradigmáticos sejam suficientes como: a transição da teoria demoníaca da doença mental para a explicação puramente comportamental e a transição da Eletrodinâmica do Século XIX para a Eletrodinâmica da relatividade.

2.8 FEYERABEND, INIMIGO DA CIÊNCIA?

Na sua autobiografia ‘Matando o tempo’ (1996), Feyerabend analisa o motivo pelo qual a revista *Nature* o viu como ‘pior inimigo da ciência’. De acordo com ele, a razão foi sua defesa de que abordagens não ligadas a instituições científicas podiam ter algum valor. Mais uma vez, o filósofo austríaco recorre à História da Ciência para defender seu ponto de vista (p. 154):

Darwin prestou atenção nos criadores de animais e naturalistas; Descartes, Newton, Thomson, Joule, Whewell deram razões religiosas para algumas de suas suposições mais básicas; profissionais do campo do ambiente e desenvolvimento aprenderam e ainda aprendem de populações locais, enquanto os antropólogos descobriram que a abordagem objetiva que eles seguiam como óbvia lhes fornecia caricaturas – e assim por diante.

Algumas posições de Feyerabend também devem ter ajudado para que viesse a ser chamado de inimigo da Ciência. Muitos se sentem desconfortáveis com ideias como a de que (2011, p. 22-23):

[...] a Ciência não é sacrossanta. O simples fato de ela existir, ser admirada e produzir resultados não é suficiente para fazer dela uma medida de excelência. [...] não é verdade que alguns de nossos estudos de casos mostraram que uma aplicação grosseira de procedimentos “racionais” não nos teria dado uma Ciência melhor, ou um mundo melhor, e sim absolutamente nada?

E de que (FEYERABEND, 1996, p. 151):

A própria Ciência tem partes conflitantes com diferentes estratégias, resultados, ornamentos metafísicos. Ela é uma colagem, não um sistema. Ademais, tanto a experiência histórica como os princípios democráticos sugerem que ela deve ser mantida sob controle público. As instituições científicas não são “objetivas”: nem elas nem seus produtos estão diante das pessoas como rochas ou uma estrela. Elas frequentemente fundem-se com outras tradições, são por elas afetadas e as afetam. Movimentos científicos decisivos foram inspirados por sentimentos filosóficos e religiosos (teológicos).

Não foram poucos os que atacaram a valorização das ideias metafísicas para a Ciência, feita por Feyerabend. As críticas podem ser sintetizadas no argumento relatado por ele e desenvolvido por algum comentador identificado apenas por Dra. Hesse. De acordo com ela, a admissão de qualquer ideia metafísica poderia levar a uma exploração crítica objetiva da ciência moderna presente no aristotelismo ou mesmo no Vudu.

Para o filósofo austríaco, doutrinas e mitos ‘primitivos’ só parecem estranhos e sem sentido devido a seu não conhecimento, ou pela distorção feita por quem não está familiarizado com os mais simples conhecimentos físicos, médicos ou astronômicos. Para defender seu argumento em favor da importância das ideias metafísicas, Feyerabend usa como exemplo o próprio Vudu, citado pela Dra. Hesse, e a medicina tradicional chinesa. Para sustentar sua alegação em relação

ao Vudu, cita o antropólogo francês Claude Levi-Strauss (1908-2009). Pelo fato de que a maioria das pessoas não conhece o Vudu, muitos o citam como paradigma de atraso e confusão. Porém, ele tem uma base material firme e um estudo de suas manifestações pode ser empregado para enriquecer ou ainda revisar o conhecimento atual da fisiologia.

Em relação à medicina tradicional chinesa, Feyerabend relata que ela foi marginalizada em favor da medicina ocidental – constituindo-se a medicina de ervas, a acupuntura e a moxabustão como coisas do passado. No entanto, quando a tradicional medicina foi revalorizada, não em detrimento da ocidental, mas em favor da pluralidade de concepções, o resultado foi o de descobertas interessantíssimas que supriram lacunas na medicina ocidental.

Por fim, o argumento usado por muitos para depreciar a epistemologia de Feyerabend de que ele ataca a Ciência – merecendo assim o rótulo de inimigo da ciência, não se sustenta. Na verdade, ele defende a Ciência; o que ele ataca é o racionalismo tradicional que muitos confundem como “a” Ciência (2007, p. 289):

[...] tentei mostrar que a razão, ao menos na forma em que é defendida por lógicos, filósofos e alguns cientistas, não se ajusta à ciência e não poderia ter contribuído para seu desenvolvimento. Esse é um bom argumento contra aqueles que admiram a ciência e são também escravos da razão. Eles têm agora de fazer uma escolha. Podem ter a ciência; podem ter a razão; não podem ter ambas.

O epistemólogo austríaco chega a comparar o racionalismo com religião, ao afirmar que o racionalismo se constitui em uma forma secularizada de crença no poder da palavra de Deus. Para tanto introduz o que ele chama de *filosofia pragmática*. Para Feyerabend, este é o tipo de filosofia subjacente quando não se acredita que a linha de pesquisa seguida seja perfeita, mas se segue porque se quer testar sua potencialidade. As condições para a filosofia pragmática florescer são de considerar que as tradições vigentes são temporárias e não se constituem duradouras de pensamento e ação.

Feyerabend reconhece que poucos são os indivíduos que podem ser considerados pragmáticos neste sentido, devido à dificuldade de alguém se enxergar como parte de uma tradição em mudança, ou mesmo absurda – pois estas ideias são as suas mais estimadas. Além desta

incapacidade não existir, ela também é encorajada. De acordo com o austríaco (2007, p. 294):

Praticamente nenhuma religião apresentou-se tão só como algo que valia a pena experimentar. A reivindicação é muito mais forte: a religião é a verdade, tudo o mais é erro, e aqueles que sabem isso, que o compreendem, mas ainda o rejeitam, são corrompidos até o cerne (ou são idiotas incorrigíveis).

Feyerabend identifica por trás desta postura filosófica encontrada na maior parte das religiões a crença de que algumas exigências são ‘objetivas’ e independentes da tradição. A palavra de Deus é poderosa e deve ser obedecida, não porque a tradição que a transmite tem muita força, mas porque ela é exterior e fornece um meio de progresso. Ambas as crenças são identificadas pelo austríaco com o racionalismo. Pois, razão e prática são vistas pelos racionalistas não como práticas que, mesmo em valores desiguais, são produtos humanos imperfeitos e em mudança constante, mas sim, como medidas duradoras de excelência. Feyerabend enxerga razão e prática como dois tipos diferentes de prática, diferenciando-se por uma exibir aspectos formais simples que podem ser facilmente entendidos, e a outra, por estar embebida em aspectos formais de grande variedade de propriedades acidentais.

Porém, um racionalista enxerga duas agências, uma implacável e ordenada (razão) e outra um material maleável (prática). Feyerabend antevê este argumento racionalista indistinguível do de um teólogo que infere um criador onde quer que perceba algum tipo de ordem – que não seria inerente, mas imposta do exterior, portanto.

No entanto, o filósofo austríaco diferencia duas maneiras de enxergar a separação entre razão e prática, o idealismo e o naturalismo. O primeiro acredita que a razão guia a prática, sendo independente, já o segundo defende que a razão recebe da prática tanto o conteúdo como sua autoridade.

Feyerabend aponta problemas em ambas. Na primeira, o idealista quer não somente agir racionalmente, mas também que suas ações racionalistas tenham resultados, tanto no mundo idealizado que usa como no mundo real que habita. No entanto, percebe que agir racionalmente da maneira como deseja não produz os resultados esperados.

Também o naturalismo não é satisfatório, apesar de ser uma prática popular e bem-sucedida. Feyerabend aponta sua popularidade devida a motivos equivocados, e cita a crença na medicina moderna como exemplo. A ‘verdade’ assumida de que não há nada melhor, em parte pode ser entendida como convencimento social – “o doente morreu porque não havia o que ser feito”. No entanto, basear os padrões em uma prática perpetua os seus defeitos.

Portanto, para Feyerabend, as tradições não são boas nem más, elas simplesmente são. A racionalidade não é árbitro de tradições, mas ela própria se constitui em uma tradição – portanto, não sendo boa ou má, simplesmente existindo. Uma tradição só assume o caráter de desejável ou não quando vista por participantes que veem o mundo em termos de seus valores – diferentes tradições dão origem a diferentes juízos.

O racionalismo tradicional é ainda hoje confundido com a própria ciência; devido a isto, quando Feyerabend critica a racionalidade muitos entendem como um ataque à própria Ciência. Na verdade, quando opta por abandonar a exigência de regras metodológicas e requisitos racionais, Feyerabend o faz em nome da Ciência. Mais uma vez, a motivação é a não existência de um método único, fixo, rijo e universal para o empreendimento científico.

2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS: REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

As questões levantadas neste trabalho podem subsidiar reflexões para a educação científica. O próprio Feyerabend é um forte crítico do estágio atual dessa educação (2007, p.34):

A educação científica tal como hoje a conhecemos tem precisamente esse objetivo. Simplifica a “ciência” pela simplificação de seus participantes: primeiro, define-se um campo de pesquisa. Esse campo é separado do restante da história (a física, por exemplo, é separada da metafísica e da teologia) e recebe uma lógica própria. Um treinamento completo em tal ‘lógica’ condiciona então aqueles que trabalham nesse campo; tornam suas ações mais uniformes e também congela grandes porções do processo histórico.

O certo é que um número crescente de pesquisadores tem defendido que a educação científica insira conteúdos *sobre* ciência em sala de aula de modo a contribuir para o desenvolvimento das competências necessárias para a formação do cidadão do século XXI. Isto não significa negligenciar a educação *em* ciências, mas agregar conteúdos específicos na busca de uma educação *em, sobre e pela* ciência (FORATO et al., 2011).

Segundo Martins (1999), existe mais de uma possibilidade de abordagem para a natureza da ciência, a histórica é uma delas. Silveira e Peduzzi (2006) colocam a contextualização histórica do conhecimento como fundamental no contexto educacional na perspectiva de uma mudança epistemológica da visão empirista de ciência para outra mais rica e compatível com o fazer científico. De acordo com Matthews (1995), a História, Filosofia e Sociologia da Ciência podem contribuir muito para seu ensino ao humanizá-lo e aproximá-lo dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade. Podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, de forma a permitir o desenvolvimento do pensamento crítico. Também colaboram para um entendimento mais integral de matéria científica ao colaborar para a superação da falta de significação nas salas de aula de ciências, onde equações são recitadas sem que muitos cheguem ao que significam.

André Martins (2007) analisa os desafios enfrentados na tentativa de construção de saberes escolares de História da Ciência. O autor coloca que entre estes se destaca a necessidade formativa do professor. A formação docente deve contribuir para evitar visões distorcidas sobre o fazer científico, permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da ciência e ainda proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula. As principais dificuldades surgem quando se pensa na utilização da História e Filosofia da Ciência para fins didáticos.

Entre estas dificuldades estão às concepções de professores, em formação ou já formados, a respeito da natureza da ciência. Tais concepções influenciam sua prática docente, em especial ao abordar História da Ciência. Muitos trabalhos procuram identificar as concepções de professores quanto ao fazer científico (CUNHA, 2001; GIL PÉREZ et al., 2001; SILVA e MARTINS, 2003; MAGALHÃES e TERNEIRO-VIEIRA, 2006; AULER e DELIZOICOV, 2006). De acordo com Cunha (2001), a epistemologia inerente ao trabalho do professor é empirista, tendendo a um indutivismo extremo, mesmo que sustentem um discurso racionalista. Gil Pérez et al. (2001) trazem as visões deformadas dos professores a respeito do trabalho científico, de

uma ciência empírico-indutivista, ahistórica, dogmática, elitista, exclusivamente analítica, acumulativa e linear. Silva e Martins (2003) destacam que mesmo em professores universitários o modelo de pesquisa empírico-indutivista é muito difundido. Magalhães e Terneiro-Vieira (2006) investigam a visão de professores e concluem que os professores de seu estudo concebiam a Ciência como objetiva, neutra, dogmática, linear e como um conjunto de fatos e de certezas, colocando as teorias científicas acima das ideologias, crenças religiosas, valores morais ou motivações pessoais. Auler e Delizoicov (2006) fizeram uma extensa revisão bibliográfica na literatura e ainda realizaram entrevistas com professores; em sua análise identificaram visões deformadas da Ciência em concordância com os trabalhos já citados.

Uma possível estratégia a fim de contribuir para a formação de professores capazes de abordar História da Ciência de acordo com a historiografia atual e das exigências de um cidadão contemporâneo é justamente procurando desfazer mitos, tais como os de que a ciência é: uma entidade única, racional, ahistórica, metodológica, com crescimento linear e cumulativo, com regras fixas e rígidas e um empreendimento isolado de outras tradições e da sociedade, e, ainda, superior a estas. Que leve em consideração a complexidade e diversidade nas diversas análises de autores acerca das características da natureza da ciência, se é que elas existem.

Uma alternativa para este debate é justamente a discussão anterior sobre os pontos polêmicos da epistemologia de Paul Feyerabend. Este debate na formação inicial e continuada de professores, juntamente com o estudo de episódios históricos, pode contribuir para desfazer o que Gil Pérez et al. (2001) chamam de visões deformadas da natureza da ciência.

Tal debate se alinha com a questão levantada por Postman e Weingartner (1969), que se refere à série de conceitos fora de foco que a escola inadvertidamente acaba propagando, tais como: o de verdade absoluta, fixa e imutável, o de certeza, o de entidade isolada, o de casualidade simples, única e mecânica e o de que o conhecimento é transmitido. De acordo com estes autores, é difícil imaginar um tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro em transformação que aquela que promove os conceitos fora de foco. Deste tipo de abordagem resultariam pessoas: passivas, aquiescentes, dogmáticas, intolerantes, autoritárias, inflexíveis e conservadoras.

Pode-se perceber uma semelhança entre as preocupações de Feyerabend e as de Postman-Weingartner a respeito da educação científica. Uma possível solução é apontada por Köhnlein e Peduzzi

(2005), que reconhecem que a educação científica pode servir de subsídio para o aluno em uma cidadania consciente e atuante. Para tanto, deve ir além do ensino-aprendizagem de fatos, leis e teorias científicas – o ensino *de* ciência. Outros avanços estão relacionados à compreensão crítica da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico – o ensino *sobre* ciência.

O ensino *sobre* ciência subjaz um valor epistemológico. Sendo assim, uma abordagem racionalista da História da Ciência, com seu método universal, não irá promover um cidadão consciente e atuante; muito antes pelo contrário, ajudará a reforçar os conceitos fora de foco apontados por Postman-Weingartner.

É exatamente neste sentido que uma abordagem do ensino *sobre* ciência, à luz da epistemologia feyerabendiana, pode trazer contribuições significativas para a sala de aula. Ao reconhecer a limitação de toda e qualquer regra, método, ao valorizar as circunstâncias e principalmente todas as formas de conhecimento pode-se criar um ambiente mais propício para a formação de pessoas críticas, ativas, flexíveis e sujeitas a mudanças. Com este tipo de discussão espera-se que os professores possam ter uma visão da natureza da ciência mais alinhada com a moderna filosofia da ciência.

Referência bibliográfica

ARIZA, R. P.; HARRES, J. B. S. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. especial, p. 70-83, 2002.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, 2006.

BUNGE, M. **Racionalidad y realismo**. Madrid: Alianza, 1985.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Brasília: Editora Brasiliense, 1993.

COELHO, D.M. Contribuições entre o debate entre psicanálise e ciência: Feyerabend. **Ágora**, v. 13, n. 2, p. 175-190, 2010.

CUNHA, A.M.O. A mudança epistemológica de professores num contexto de formação continuada. **Ciência & Educação**, v. 7, n.2, p. 235-248, 2001.

DELIZOICOV, D.; AULER, D. Ciência, Tecnologia e Formação Social do Espaço: questões sobre a não-neutralidade. **Alexandria**, v.4, n.2, p. 247-273, 2011.

FEYERABEND, P.K. **Matando o tempo – uma autobiografia**. São Paulo: Editora UNESP, 1996.

FEYERABEND, P.K. **Contra o método**. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

FEYERABEND, P.K. **Adeus à razão**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

FEYERABEND, P.K.. **A Ciência em uma sociedade livre**. São Paulo: Editora UNESP, 2011

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

GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

HORGAN, J. (1993). The Worst Enemy of Science. **Scientific American Magazine**, vol. 268, issue 5, pp. 36-37, 1993.

KÖHNLEIN, J.F.K.; PEDUZZI, L.O.Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.22, n.1, p. 36-70, 2005.

KUHN, T. S. Respondendo a meus críticos. In: I. Lakatos; A. Musgrave (Org.) **A Crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

LABARÚ, C.E.; ARRUDA, S.M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

MAGALHÃES, S. I. R. e TERNEIRO-VIEIRA, C. Educação em ciência para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Pensamento crítico. Um programa de formação de professores. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 19, n. 2, p. 85-110, 2006.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras neste caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MENDONÇA, A.L.O.; ARAÚJO, P.; VIDEIRA, A.A.P. Primazia da democracia e autonomia da ciência: O pensamento de Feyerabend no contexto dos science studies. **Filosofia Unisinos**, v. 11, n. 1, p. 44-61, 2010.

MILL, J.S. **Sobre a liberdade**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1991.

OLIVEIRA, T.L.T. **A mudança nas ciências segundo Paul Feyerabend**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

POPPER, K. R. **Realism and the Aim of Science**. New Jersey: Rowman & Littlefield, 1983.

PRESTON, J. **Feyerabend: philosophy, science and society**. Cambridge: Polity Press, 1997.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co., 1969.

REGNER, A.C.K.P. Feyerabend e o pluralismo metodológico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 231-247, 1996.

SILVA, C. C. e MARTINS, R. A. A teoria de cores de Newton: um exemplo de uso de história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVEIRA, F.L.; PEDUZZI, L.O.Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 26-52, 2006.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; SIQUEIRA-BATISTA, R.; SCHRAMM, F.R. A Ciência, a verdade e o real: variações sobre o anarquismo epistemológico de Paul Feyerabend. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 2, p. 240-262, 2005.

TERRA, P.S. O ensino de ciências e o professor anarquista epistemológico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 208-218, 2002.

TERRA, P.S. A propósito da condenação de Feyerabend em Roma por causa de suas ideias sobre o conflito entre a Igreja e Galileu. **Scientiae Studia**, v. 6, n. 4, p. 665-679, 2008.

THEOCHARIS, T. e PSIMOPOULOS, M. Where science has gone wrong. **Nature**, v. 329, n. 6140, p. 595-598, 1987.

TOULMIN, S. **La comprensión humana. Vol. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos**. Madrid: Alianza Editorial, 1977.

VARGAS, M. Paul Feyerabend, o anarquista. **Revista USP**, v. 34, p. 166-174, 1997.

Villani, A. Filosofia da Ciência e ensino de Ciência: uma analogia. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 169-181, 2001.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T. C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

Capítulo 3

CONSIDERAÇÕES SOBRE A
ALCUNHA ATRIBUÍDA A PAUL
FEYERABEND DE PIOR
INIMIGO DA CIÊNCIA E SUAS
IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO
DE CIÊNCIAS

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ALCUNHA ATRIBUÍDA A PAUL FEYERABEND DE PIOR INIMIGO DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS¹⁵

3.1 INTRODUÇÃO

Paul Karl Feyerabend nasceu em Viena, Áustria, em 1924 e faleceu em Zurique, Suíça, em 1994. Estudou sob a orientação de Karl Popper em Londres, e durante esta sua estada na capital britânica conheceu Imre Lakatos, que foi o seu maior incentivador para que publicasse suas ideias. O epistemólogo austríaco concretizou isso em sua obra *Contra o método*. A partir desta e de outras publicações, as ideias de Feyerabend foram amplamente discutidas, mas nem sempre compreendidas. Como o autor escreveu em sua autobiografia, ao “ler as resenhas, pela primeira vez deparei com ignorância em estado puro” (FEYERABEND, 1996, p. 152).

Para procurar, justamente, discutir as respostas de Feyerabend a seus críticos, trabalhos têm sido publicados com o objetivo de esclarecer interpretações divergentes de ordem conceitual em relação à epistemologia de Feyerabend, inclusive em português. Damasio e Peduzzi (2015a), por exemplo, buscaram desconstruir alguns mitos que são repetidos. Entre estas desconstruções estão a de que o anarquismo epistemológico leva ao caos a ciência, que a tese central da epistemologia de Feyerabend é o vale tudo, que a defesa da irracionalidade na ciência descaracteriza o empreendimento científico e de que o relativismo não explica o progresso da ciência.

Entre os vários críticos das ideias de Feyerabend, podem-se citar epistemólogos importantes como Karl Popper, Thomas Kuhn e Mario Bunge, mas de longe a lista de críticos se limita a estes filósofos. Popper diz que o relativismo defendido por Feyerabend é uma posição onde qualquer coisa pode ser afirmada e a verdade, portanto, não tem sentido (FEYERABEND, 2011). Já Kuhn rejeita a visão anárquica defendida pelo ‘anarquista epistemológico’ de que o avanço científico está imerso em aspectos ligados à irracionalidade e sustenta que na batalha travada entre um novo e um velho paradigma são utilizados argumentos racionais (KUHN, 1979). Bunge faz fortes críticas à ideia defendida por Feyerabend de igualdade de tratamento e de valoração entre o

¹⁵ Publicado em *Alexandria*, v. 10, n. 1.

conhecimento científico e outras tradições (como magia ou astrologia) (BUNGE, 1985).

Muitos trabalhos que descrevem e tecem críticas à epistemologia de Feyerabend reportam-se a ele como “o pior inimigo da ciência”, expressão cunhada pelos autores de um artigo publicado na revista *Nature* em 1987 (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987). Regner (1996, p. 231) se refere a tal artigo, quando escreve que Feyerabend é “chamado em rodas mais fechadas de terrorista epistemológico e por alguns físicos, mais recentemente, de o pior inimigo da ciência”. Müller (2001) coloca que Feyerabend é considerado um dos inimigos da ciência por suas ideias anarquista e por seu lema ‘vale tudo’, e que a opinião de Theocharis e Psimopoulos é compartilhada por diversos outros comentadores. Westphall e Pinheiro (2004), ao defenderem as ideias de Bunge, afirmam que não é difícil entender o motivo de nas páginas da *Nature* Feyerabend ter sido considerado o “pior inimigo da ciência”. Chassot (2004, p. 10) afirma que “não é sem razão que ele é chamado em rodas mais fechadas de ‘terrorista epistemológico’, tendo sido chamado por alguns físicos, mais recentemente, de ‘o pior inimigo da ciência’”; apesar disto, o autor se coloca ao lado de Feyerabend contra o que chama de críticos conservadores. Henning (2007, p. 168) também se refere a tal alcunha quando escreve que “em uma problematização sobre o método científico, Paul Feyerabend, também conhecido como um inimigo da ciência, coloca em xeque a linearidade e exatidão do Método Científico proposto por Bacon e propagado pela Modernidade”. Terra (2008, p. 665) observa que existe “no meio acadêmico um alerta claro a propósito das ideias do filósofo Paul Karl Feyerabend (1924-1994), visto que nas páginas da revista *Nature* ele foi qualificado de ‘o mais perigoso inimigo da ciência’”. Por todos estes exemplos, percebe-se a influência provocada pelo artigo da *Nature* ao abordar a obra de Feyerabend, principalmente por autores da área da educação científica, quase sempre usando tal alcunha para depreciar a obra do epistemólogo.

O foco do presente artigo não está em fazer uma revisão completa da epistemologia de Feyerabend, tampouco realizar um diálogo deste referencial com outros autores ou mesmo intérpretes de sua obra. O que se procurará apresentar a seguir é, inicialmente, uma análise dos argumentos utilizados pelos autores do referido artigo da *Nature* para declarar Feyerabend como o “pior inimigo da ciência”. Na sequência, discutem-se algumas repercussões deste trabalho, entre elas a do próprio Feyerabend, e ainda se os argumentos usados no famoso artigo da *Nature* se sustentam ao analisar os pontos específicos levantados dentro da epistemologia de Paul Feyerabend, ou se são frutos de más

interpretações da mesma, conforme discutidas no trabalho de Damasio e Peduzzi (2015a). Por fim, apresentam-se algumas implicações deste estudo para o ensino de ciências, principalmente relacionadas com a educação científica que autores como Neil Postman e Marco Antonio Moreira acreditam ser útil para um cidadão do século XX; e como ela se relaciona com a desmistificação da epistemologia de Paul Feyerabend apresentada neste artigo.

3.2 ONDE A CIÊNCIA DEU ERRADO

Em outubro de 1987, a revista *Nature* publicou um artigo de quatro páginas escrito por dois físicos do Departamento de Física do *Imperial College of Science and Technology* intitulado de “Onde a ciência deu errado” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987). Neste artigo, os autores não visam discutir ou debater um epistemólogo da ciência, em particular, ou a epistemologia da ciência, em geral. Seu objetivo foi reivindicar que os cientistas britânicos reafirmassem a preeminência dos conceitos de verdade e objetividade.

No início, o trabalho traz uma citação de *Sir Peter Medawar*, na qual afirma que os cientistas não têm respostas para quando questionados sobre o método científico. A seguir, relata que o orçamento para a ciência britânica estava diminuindo no início da década de 1980, e que nada indicava que o quadro iria se reverter. Depois, os autores se reportam aos fins do artigo, afirmando que ele “tem como objetivo identificar e esforçar-se para combater o que nós consideramos ser a mais fundamental, e ainda a menos reconhecida, causa da atual situação da ciência” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 595).

O artigo defende que a crise pela qual passava a ciência britânica na década de 1980 era, em parte, autoinfligida. Ele estava se referindo “a essas ideias errôneas e prejudiciais como as antíteses epistemológicas - as posições filosóficas que são contrárias às teses tradicionais e bem-sucedidas da filosofia natural” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 595). Considera como perversidade que “muitos cientistas e filósofos individuais parecem empenhados em questionar e rejeitar as verdadeiras teses e apoiar as antíteses” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 595).

Após isto, os autores descrevem como estas ideias, que consideram perversas, desenvolveram-se durante o século XX. Inicialmente, expõem a defesa de Popper do critério da falseabilidade

para declarar o caráter científico de uma teoria e de que as observações são carregadas de teorias. A seguir, citam Imre Lakatos, afirmando que ele “removeu o estigma lógico de falsidade de proposições refutadas” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 596). E que ele não tinha resposta clara para a pergunta sobre o que faz com que uma teoria tenha caráter científico.

Na sequência do artigo, fazem menção a Thomas Kuhn, argumentando que, para ele, o caráter científico de uma teoria é sancionado pelo estabelecimento científico. Os autores ainda defendem que, segundo as ideias de Kuhn, a ciência pode ser comparada à moda: “o negócio da ciência não é sobre a verdade e a realidade; ao contrário, trata-se de modas transitórias - paradigmas efêmeros e descartáveis” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 596). Também criticam Kuhn por ele rejeitar a ideia de verdade e que o que move os cientistas é a busca de teorias cada vez mais próximas da verdade.

Só então, o trabalho aborda Paul Feyerabend. Quando o faz, destaca que ele teria defendido que qualquer coisa vale em ciência. Descreve o artigo publicado sobre ele em 1979 pela *Science* (BROAD, 1979) e o declara o “pior inimigo da ciência”. Chamando as ideias de Feyerabend de monstruosas, os autores o culpam, ao menos em parte, pelo fundamentalismo religioso que estava tendo um crescimento alarmante na década de 1980, nos Estados Unidos – por colocar em um mesmo nível de importância a ciência, a religião e outras tradições. E o fato de que a participação dos criacionistas em debates sobre educação ser coerente com a epistemologia de Feyerabend como parte da pluralidade de teorias, e ele próprio ter feito esta defesa, deve ter reforçado esta interpretação dos autores.

Os autores defendem que já teriam sido desmascaradas o que eles chamam de antíteses (as epistemologias de Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend), por filósofos como o australiano David Stone (1927-1994). Relacionam-nas com os sofistas gregos, “o caso de que aqueles que, como Górgias e Feyerabend podem enganar muita gente por muito tempo com sofismas como "vale tudo". Mas é claro que, a longo prazo, a coisa vai para a verdade objetiva” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 596).

O artigo sustenta que as antíteses são flagrantemente autorrefutáveis. Para exemplificar esta afirmação discute a defesa das antíteses de que não há verdades absolutas, pois quando elas fazem tal afirmativa estariam proclamando uma verdade absoluta, autorrefutando-se. O texto menciona que este argumento é suficiente para a maioria das pessoas como refutação definitiva do que chamam de antíteses.

Em uma crítica mais direta à epistemologia de Feyerabend, o trabalho sustenta que “os relativistas epistemológicos, que defendem a equivalência completa de todos ‘paradigmas’, podem ser apropriadamente denominados relativistas absolutos” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 596). Até mesmo para o popular livro de introdução à epistemologia, de Alan Chalmers, “O que é ciência, afinal?” (CHALMERS, 1993), são dirigidas críticas por ele não defender uma ideia clara do que é ou não ciência, além da sua defesa de que a ciência não busca a verdade. Então, o trabalho declara que o “objetivo deste artigo é refutar essas ideias, e argumentar que a epistemologia correta é indispensável em qualquer trabalho científico sério e responsável; pois o que está realmente em jogo é nada menos que o futuro progresso da nossa civilização” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 597).

Com esta meta, Theocharis e Psimopoulos defendem a rigidez do método científico, criticando o que chamam de sua antítese, e de que não há um único método científico. Eles destacam três perigos que tal antítese representa, não apenas para a ciência, mas para a sociedade em geral: (i) *a falência intelectual implica falência financeira*: com o fim do monopólio na produção de conhecimento pelos cientistas, eles também perderão seu *status* privilegiado na sociedade. Assim, as recompensas estão sendo reduzidas de acordo com a desvalorização do trabalho científico e com a diminuição das ambições da ciência; (ii) *o anarquismo epistemológico implica o anarquismo social*: não é só na ciência formal que a questão da verdade objetiva surge, mas em todos os setores da sociedade. Se um tipo de verdade é negado a um, a outro também será, ficando um caos de opiniões arbitrárias e divergentes. Da falsa premissa de que toda observação é dependente de teoria, todas as rotas levam inexoravelmente a "vale tudo"; (iii) *o relativismo epistemológico, criticismo e niilismo implicam caos científico, confusão e estagnação*: este perigo surge do fato de que as antíteses sufocam o progresso. Cada pedaço de conhecimento cuidadosamente comprovado é questionado e dessa forma a missão de ampliar o conhecimento é efetivamente paralisada. Em relação especificamente à epistemologia de Feyerabend, em sua obra ele desconstrói tais críticas em publicações como *Contra o método, Teses sobre o anarquismo* (inédito em Português) e em críticas à obra de Kuhn publicadas na década de 1960.

O artigo encerra defendendo que as “antíteses epistemológicas são comprovadamente insustentáveis, inerentemente obscurantistas e positivamente perigosas, porém se tornaram popular entre o público e,

pior ainda, com as comunidades de filósofos profissionais e cientistas” (THEOCHARIS; PSIMPOULOS, 1987, p. 598).

A solução para a salvação da ciência - tanto intelectual como financeiramente - será quando os cientistas começarem a defender a causa da ciência e da filosofia corretamente, através de uma refutação das antíteses errôneas e prejudiciais; e também fazendo brotar as definições adequadas de conceitos fundamentais como objetividade, verdade, racionalidade e método científico.

3.3 REPERCUSSÕES

O próprio Feyerabend escreveu sobre a alcunha a ele atribuída pelos autores do artigo da *Nature*: “Outros me viram como ‘pior inimigo da ciência’ - e por quê? Porque eu dizia que abordagens não ligadas a instituições científicas podiam ter algum valor” (FEYERABEND, 1996, p. 153-154). Para rebater estas e outras críticas, Feyerabend argumenta que os próprios cientistas não pensam que tal posicionamento é uma heresia, pois desde Darwin a Whewell, passando por Descartes e Newton, valeram-se de atribuições religiosas em suas suposições mais básicas.

Feyerabend também discute que a sua defesa de que a ciência deva ser submetida ao controle público não é tão radical quanto soa, pois “a ciência não é um empreendimento ‘livre’ e ‘aberto’ com que sonham os filósofos” (FEYERABEND, 1996, p. 154). Entre fatores que influenciam o empreendimento científico, o epistemólogo austríaco coloca as considerações comerciais e a corrida pelo Nobel. Dessa forma, problemas ignorados pelos cientistas podem ser denunciados pelos cidadãos. Quando se afirma que a ciência é um processo de autocorreção e que a inferência externa só iria atrapalhar, não se tem em perspectiva que a democracia também é um processo de autocorreção e que a ciência, como parte dela, possa ser corrigida por entidades mais abrangentes. Feyerabend explora mais a ideia da democratização da ciência em sua obra *A ciência para a sociedade livre* (FEYERABEND, 2011).

Possivelmente, o artigo da *Nature* tenha tido maior repercussão a partir de outro publicado na popular revista *Scientific American* em 1993, por John Horgan. Este esboçava um perfil de Paul Feyerabend trazendo no seu título a alcunha originalmente atribuída em 1987: “The worst enemy of science” (HORGAN, 1993). Apesar de o título poder dar margem à interpretação de que se trata de uma crítica ao

epistemólogo austríaco, o texto aborda Feyerabend de maneira muito positiva e traça um perfil bastante descontraído.

No início do artigo, Horgan cita o trabalho da *Nature* de 1987, que atribui a quatro epistemólogos o crescente ceticismo do público em relação à ciência. Destaca também que eles declararam Feyerabend como o maior inimigo da ciência, e que até mesmo as fotos publicadas na *Nature* pareciam contribuir para confirmar esta afirmação.

A seguir, o autor coloca que Feyerabend, na verdade, travou ‘uma guerra contra a tirania da verdade’, expressão usada pelo filósofo no título de uma palestra na Polônia acerca de Galileu e o copernicanismo, transcrita posteriormente como parte de sua obra *Adeus à razão* (FEYERABEND, 2010). Em *Scientific American*, o artigo pondera que é fácil conceber as ideias de Feyerabend ultrajantes, pois ele comparou a ciência ao vodu e à feitiçaria, por exemplo. Porém, o epistemólogo austríaco tem encontrado um amplo público que simpatiza e defende suas ideias.

O texto segue com uma entrevista de Feyerabend concedida em Nova York especialmente para o artigo, onde classifica Feyerabend como animado e capaz de declamar zombarias. Entre as perguntas que foram feitas a ele, está a de como ele entende a fúria que alguns cientistas sentem por suas ideias. Sua resposta parece confirmar as impressões iniciais sobre seu sarcasmo: “Eu não tenho ideia, eles têm?” (Horgan, 1993, p. 36).

Dessa entrevista, também participou a última esposa de Feyerabend, Grazia Borrini, que relatou que sentia raiva de Feyerabend até ler o seu livro e entender como sutil é sua epistemologia, pedindo ao autor do artigo da *Scientific American* que escrevesse o quanto há de mal entendido em relação às ideias de Feyerabend. A seguir, o próprio filósofo fala sobre estes mal entendidos: “vou para extremos, mas não para os extremos que eu sou acusado” (Horgan, 1993, p. 37). O texto ainda cita que Feyerabend nunca se opôs a ciência, como pode parecer no artigo da *Nature*.

No fim, é traçada uma pequena biografia do epistemólogo austríaco, com destaque para seu interesse em canto e teatro, sua participação na II Guerra Mundial e a troca incessante de interesse de área durante sua formação acadêmica.

A popularidade da alcunha de ‘maior inimigo da ciência’ entre os críticos de Feyerabend não parece ser oriunda do artigo de mesmo nome da *Scientific American*, pois ele trata de maneira bastante positiva tanto o autor como sua obra. Logo, só poderia ser proveniente do original da *Nature*. Por isto, uma análise mais aprofundada nos seus argumentos

será feita a seguir, procurando-se estabelecer as coerências e contrapontos entre eles e as ideias de Feyerabend em sua obra.

Mais recentemente, Preston, Munevar e Lamb (2000) editaram uma coletânea de estudos em memória de Feyerabend. Autores como Sheldon J. Reaven, John Watkins, Joachim Jung e Paul M. Churchland assinam os ensaios além de sua última entrevista. A obra tem o título justamente de *O pior inimigo da ciência?* Logo na apresentação, os editores chamam Feyerabend de “um dos mais extravagantes filósofos do século XX”. Também colocam sua epistemologia como contendo reivindicações radicais e argumentos impressionantes. Além disto, os editores justificam a obra ao afirmar que o trabalho de Feyerabend foi muito influente durante a vida do filósofo, mas principalmente parece ganhar mais força depois de sua morte em 1994.

3.4 AS CRÍTICAS DO ARTIGO DE *NATURE* E A EPISTEMOLOGIA DE FEYERABEND

3.4.1 Argumentos positivistas lógicos

Ao analisar as afirmações dos autores do artigo da *Nature* é possível encontrar sintonia com posturas da corrente filosófica conhecida como positivismo lógico, apesar do ponto principal ser a defesa do monismo metodológico e a unidade da ciência. Tal corrente representa as ideias desenvolvidas pelo Círculo de Viena, que envolveu reuniões de intelectuais durante as décadas de 1920 e 1930 para discutir o conhecimento científico (SILVA, 2010).

Caracterizar o positivismo, no entanto, não é algo simples, apesar de o entendimento de que esta postura filosófica considera a ciência como única forma válida de conhecimento pode ser considerada sua prerrogativa. Outro ponto que dificulta a caracterização é que muitos dos adeptos desta filosofia não se declaram, explicitamente, seguidores da mesma (como os autores da *Nature*). E entre os próprios partidários, muitos alegam não se identificar com algumas das teses normalmente consideradas como definitórias do positivismo; nem todos os positivistas estão de acordo com todos os detalhes da teoria que se atribui a eles (CUPANI, 1985).

Entre as preocupações do positivismo clássico estão a caracterização clara do que é ciência, que está sujeita à observação e a experimentos, e que ela é o principal motor do progresso humano. O que diferencia este positivismo do positivismo lógico é o método da análise

lógica dos dados empíricos defendido pelo Círculo de Viena (HAHN *et al.*, 1986). O Círculo de Viena, segundo Stadler (2015), nasceu por volta de 1907 em discussões filosóficas nos cafés vienenses. Entre os membros destas discussões estavam Otto Neurath, Hans Hahn e Richard von Mises. Eles foram estimulados por Ernest Mach, tomaram as alegações da natureza não científica da filosofia como um fato e realizaram debates sobre uma síntese do empirismo e de uma lógica simbólica.

Cupani (1985) procura reconstruir um sistema de ideias de acordo com as mais consensuais afirmações dos partidários do positivismo, e que despertam mais atenção de seus críticos. Faz a ressalva de que nem todos os positivistas endossam todas as peculiaridades apresentadas e que não se trata nem do positivismo clássico tampouco do lógico.

São dez as características apontadas por Cupani (1985): (i) a ciência é o único tipo de conhecimento válido e sua mais valiosa propriedade é a objetividade; (ii) a ciência é conhecimento objetivo e se impõe aos pesquisadores de maneira impessoal; (iii) a ciência é conhecimento metódico porque a pesquisa supõe sempre procedimentos definidos; (iv) a ciência é conhecimento preciso ao garantir cuidado com a linguagem comum e com a criação das artificiais, como a Lógica e Matemática; (v) a ciência é conhecimento a ser aperfeiçoado ao encarnar o mais elevado e refinado espírito crítico; (vi) a ciência é conhecimento desinteressado ao ter como objetivo intrínseco o incremento do conhecimento humano; (vii) a ciência é conhecimento útil e necessário, pois seus resultados podem ser aplicados para transformar e melhorar a vida das pessoas; (viii) a ciência combina raciocínio e experiência, nem o puro raciocínio nem a experiência pura são válidos; (ix) a ciência é conhecimento hipotético que busca leis e teorias, ela se desenvolve por conjecturas e refutações; e (x) a ciência é conhecimento explicativo e prospectivo devido a aliar a capacidade de explicar fatos e de também antecipá-los e predizê-los.

Stadler (2015) coloca como núcleo central original do Círculo de Viena os nomes de Hahn, Frank e Neurath. Dois deles, Hans Hahn, Otto Neurath, além de Rudolf Carnap (1986), procuraram caracterizar a concepção científica de mundo do grupo. Para tanto, iniciam com os antecedentes históricos, identificando na presença de Ernst Mach (1938-1916) um ponto de partida para a constituição do Círculo em Viena. Mach procurou ‘purificar’ a ciência de qualquer metafísica ao trabalhar na cátedra especial de filosofia da ciência indutiva na capital austríaca, ocupada posteriormente por Ludwig Boltzmann (1844-1906). A influência de Mach pode ser medida nas publicações do Círculo de

Viena e por este grupo também ser conhecido como “Ernest Mach Society” (STADLER, 2015).

A postura antimetafísica é uma das principais características do positivismo lógico. Também ressaltam a importância de Franz Brentano para o Círculo ao trabalhar na renovação da lógica (deixando Kant e os filósofos idealistas de lado) na faculdade de Teologia em Viena. Todas estas influências fizeram da cidade um lugar propício onde um grande número de pessoas discutia frequentemente e de maneira acalorada a Natureza da Ciência.

Hahn, Neurath e Carnap colocam que o Círculo de Viena uniu correntes filosóficas da história e filosofia da ciência: Positivismo e Empirismo; Fundamentos, objetivos e métodos da ciência empírica; Lógica e sua aplicação à realidade; Axiomática; e o Eudemonismo e sociologia positivista. Também que, com o passar dos anos, o Círculo se reuniu em torno de Moritz Schlick (1882-1936), que aliou diversos esforços para construir a concepção científica de mundo do grupo, que tinha como objetivo comum não apenas uma atitude livre de metafísica, mas antimetafísica.

Os três membros do Círculo de Viena colocam que o principal intento dos membros do grupo era a ciência unificada, ao procurar uma harmonia entre os resultados obtidos pelos pesquisadores de diferentes áreas do domínio científico, com ênfase no trabalho coletivo. Tal busca originou a procura por um sistema de fórmulas neutro, um simbolismo liberto de impurezas e um sistema total de conceitos. Para esta concepção científica de mundo não há problemas insolúveis, os problemas empíricos são esclarecidos por análise lógica.

A análise lógica defendida pelo Círculo de Viena se dá mediante redução a enunciados mais simples do que é dado empiricamente. A recusa da filosofia metafísica se dá por meio do que os membros do círculo chamam de erros lógicos fundamentais: um vínculo estreito com as linguagens tradicionais e ausência de clareza quanto à realização lógica do pensamento, e a concepção de que o pensamento pode levar a conhecimento a partir de si, sem material empírico. A concepção científica de mundo do Círculo de Viena tem como tese fundamental não admitir um conhecimento a partir da razão pura, os ‘juízos sintéticos *a priori*’, admite apenas proposições empíricas sobre objetos e proposições analíticas da Lógica e Matemática.

Para caracterizar a concepção científica de mundo do Círculo de Viena, Hahn, Neurath e Carnap levantam duas determinações: ela é empirista e positivista, e aplica um método determinado, o da análise lógica. Segundo o grupo, o “esforço do trabalho científico tem por

objetivo alcançar a ciência unificada, mediante a aplicação de tal análise lógica ao material empírico” (HAHN *et al.*, 1986, p. 12). Cada conceito deve ser reduzido gradativamente a outros até os de grau mínimo, relacionados ao próprio dado; estes se enquadrariam em um sistema de constituição, que teve na teoria da constituição sua investigação. É este quadro que se aplica à análise lógica defendida pelo Círculo de Viena.

Em relação ao artigo da *Nature*, pode-se perceber uma postura positivista lógica quando os autores criticam Popper por defender que as observações estão carregadas de teorias. Eles questionam: “Mas se as observações estão carregadas de teoria, isso significa que as observações são simplesmente teorias, e então como pode uma teoria falsificar (não importa verificar) outra teoria?” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 595-596).

Ao criticar Kuhn, defendem que a ciência é a única via para um conhecimento válido, e colocam que, “de acordo com Kuhn, o fim da ciência não é sobre a verdade e a realidade”. Também o criticam por não ter usado o conceito de verdade em sua obra, e quando o fez foi para criticá-lo. E os atores reclamam que “agora que o termo ‘verdade’ tornou-se um tabu, sabemos o que deve tomar o seu lugar: popularidade em massa e moda prevalecente”.

O artigo defende o rigor do método científico, associado principalmente à verificação experimental. E com tal verificação, as teorias devem ser verdadeiras. As antíteses estariam colocando em dúvida este caráter.

Os autores também deixam clara sua posição positivista lógica quando afirmam que é dever de quem quer salvar a ciência de convencer o público “de que as verdadeiras teorias da ciência são de valor permanente, e que a pesquisa científica tem um objetivo concreto, positivo e útil - para descobrir a verdade e estabelecer a realidade” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 597).

Também quando descrevem o caminho para a verdade (alguns autores divergem que o positivismo lógico compartilha de tal perspectiva realista), ao defender que “se a noção de verdade objetiva estabelecida por evidência observacional é desconsiderada, fica-se em um caos de opiniões arbitrárias e divergentes, [...] da falsa premissa de que toda observação é dependente de teoria, todas as rotas levam inexoravelmente à “vale tudo”” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 597). E finalizam o artigo com uma atitude necessária para solucionar o problema da ciência, “fazendo brotar as definições adequadas de conceitos fundamentais como objetividade, verdade,

racionalidade e do método científico” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 597).

Certamente, não existe nenhum problema em autores defenderem posições do positivismo lógico – todos os pontos de vista devem ser valorizados e mantidos enquanto houver pessoas interessadas neles, como bem destaca Feyerabend. Porém, o que se pretende ao mostrar que a posição dos autores do artigo da *Nature* se identifica com esta corrente filosófica, é que o rótulo de “pior inimigo da ciência”, imputado a Feyerabend, tem como fundamento a defesa de premissas básicas do positivismo lógico.

3.4.2 Alguns contrapontos ao artigo de *Nature*

As críticas à epistemologia de Feyerabend, em muitos casos, são incoerentes, como o próprio epistemólogo declarou na entrevista publicada em *Scientific American*. A seguir, serão feitos alguns contrapontos entre o que dizem os autores do artigo da *Nature* sobre Feyerabend e as ideias do autor.

Um deles se refere ao que Feyerabend chama de *slogan* “Vale Tudo”. Em *Nature*, defende-se que o anarquismo de Feyerabend é “o som agradável e moderno do sofista grego do século V a.C”. Quando procuram justificar que as antíteses são autorrefutáveis, os autores do artigo argumentam que, mesmo com Feyerabend tentando enganar as pessoas com o sofismo do ‘Vale Tudo’, a verdade objetiva aparecerá ao longo do tempo. E quando criticam a posição de Kuhn de que uma proposição só é científica quando sancionada pela comunidade, afirmam que Feyerabend alega que qualquer proposição pode ser científica e logo “há apenas um princípio que pode ser defendido em todas as circunstâncias e em todos os estágios do desenvolvimento humano. É o princípio do vale tudo”.

Podemos entender como sofista, segundo Kerferd (2003), aquele que é falsificador da filosofia, que constrói de maneira ignorante contradições baseadas mais em aparências e opinião que na realidade. Ou seja, um argumento sofista é falso, mas procura-se mostrá-lo como verdadeiro, logo podemos concluir que, segundo os autores do artigo da *Nature*, Feyerabend defendera o ‘Vale Tudo’ em ciência e que tal princípio é falso. Para traçar um contraponto é preciso esclarecer do que se trata o slogan ‘Vale Tudo’ na epistemologia do filósofo austriaco.

O que Feyerabend defendeu com o slogan “Vale tudo” não é um caos completo sem regras ou padrões¹⁶. O que ele está chamando a atenção é que pesquisas interessantes nas ciências levam a uma revisão imprevisível de padrões – embora talvez não tenha sido esta a intenção. E se basearmos nossas avaliações em padrões aceitos, “a única coisa que podemos dizer sobre estas pesquisas, portanto, é que ‘vale tudo’” (FEYERABEND, 2011, p. 51).

Ainda cabe esclarecer que ‘Vale tudo’ não é o único princípio de uma nova metodologia recomendada por Feyerabend. Para ele, é esta a maneira como aqueles que procuraram analisar de maneira racional a História da Ciência, buscando padrões universais, regras rígidas, a enxergam. Feyerabend defende que “a única coisa que um racionalista poderá dizer sobre a Ciência (ou sobre qualquer outra atividade interessante) é: vale tudo” (2011, p. 51). Isto explica o anarquismo não como uma tese de Feyerabend, mas como uma redução ao absurdo do argumento racionalista. Portanto, Feyerabend não defende o ‘vale tudo’ como princípio de sua epistemologia.

Outro contraponto necessário é quando o artigo da *Nature* afirma que Feyerabend teria dito que qualquer coisa pode ser científica e que então “tudo vale”. Em seu ensaio “A ciência em uma sociedade livre”, que faz parte do livro homônimo, (FEYERABEND, 2011, p. 91-151), Feyerabend faz dois questionamentos¹⁷: (i) O que é Ciência? e (ii) O que é tão importante na Ciência?. Ao procurar responder estas duas perguntas, o epistemólogo austríaco se afasta das críticas da *Nature*.

Em relação à primeira pergunta, segundo Feyerabend, não há uma resposta única, mas muitas. Cada escola da filosofia da ciência tem sua própria versão, assim como cientistas, políticos e porta-vozes do público em geral. Assim, existem diferentes ciências, mas em todas existem padrões e métodos, mas que se limitam ao seu campo específico, não podendo ser universalizados. E mesmo estes padrões, deverão ser violados para que este campo evolua e se desenvolva. Em relação à segunda pergunta, ela quase nunca é feita, pois a excelência da ciência é presumida.

A afirmação de que há limites para se classificar algo como científico ou não está associada, para os autores de *Nature*, a existência

¹⁶ Uma discussão mais aprofundada do mau entendimento do slogan ‘Vale tudo’ de Feyerabend pode ser encontrada em Damasio e Peduzzi (2015a).

¹⁷ Estes questionamentos foram feitos inicialmente durante a década de 1970 quando Feyerabend discute a obra de Lakatos e foram posteriormente republicados em obras como a citada.

de um método científico universal, que para eles está ligado a dados experimentais (como bons positivistas lógicos). Claramente, Feyerabend defende que tal método universal de ciência não existe e a fronteira entre o que é ciência e o que não é ciência não é tão rígida como julgam os racionalistas – mas isto não implica em afirmar que qualquer coisa é científica, pois cada tradição tem suas regras e métodos.

Feyerabend questiona em *Ciência para uma sociedade livre*: “Não devemos exigir que as ideias e procedimentos que dão substância à vida das pessoas se tornem membros efetivos de uma sociedade livre, não importa o que as outras tradições pensem delas?” (FEYERABEND, 2011, p. 98). De acordo com ele, isto leva ao que muitos enxergam como um monstro terrível, o relativismo, pois estes defendem uma visão, um procedimento, uma maneira de pensar e de agir à exclusão de tudo o mais.

E é exatamente este relativismo que está por trás das críticas dos autores do artigo da *Nature* quando afirmam que “os relativistas epistemológicos, que defendem a equivalência completa de todos os ‘paradigmas’, podem ser apropriadamente denominados relativistas absolutos”. Logo, cabe um esclarecimento sobre o que Feyerabend entende em relação ao relativismo, para procurar contrapor as críticas do artigo da *Nature*.

O epistemólogo austríaco define relativismo como a compreensão de que o ponto de vista que se defende e se tem mais carinho, pode ser apenas mais uma das diversas maneiras de organizar a vida, importante apenas para aqueles que foram criados na tradição correspondente, mas podendo ser totalmente desinteressante e mesmo um obstáculo para os demais.

Quando o artigo da *Nature* coloca que “o anarquismo epistemológico implica em um anarquismo social, político e qualquer outro tipo de anarquismo e desordem”, talvez a isto estejam se referindo quando afirmam que as ideias de Feyerabend levariam a um relativismo absoluto. O próprio Feyerabend cita um exemplo deste tipo de crítica quando coloca o argumento que o “temor de caos moral e político aumenta a aversão ao acrescentar desvantagens práticas às inconveniências intelectuais” (FEYERABEND, 2011, p. 100) do relativismo. Então, Feyerabend procura responder às críticas de que o relativismo defendido por ele levaria a um caos, que cabe como contra-argumento às críticas dos autores da *Nature*.

Ele começa com as insinuações de que o relativismo¹⁸ procura dar os mesmos direitos à verdade e falsidade. Porém, classificar tradições como verdadeiras ou falsas significa projetar o ponto de vista de uma sobre a outra, “as tradições não são boas ou más – apenas são” (FEYERABEND, 2011, p. 101). Feyerabend diferencia o relativismo político do filosófico. Enquanto o primeiro afirma que todas as tradições têm direitos iguais, o segundo é a doutrina de que todas as teorias, tradições e ideias são igualmente verdadeiras ou falsas – qualquer distribuição de verdade acima das tradições é aceitável. Feyerabend deixa claro que o segundo tipo não é defendido por ele em nenhuma parte de sua obra, pois, os juízos de valor são sempre subjetivos e emergem de tradições diferentes.

Logo, ao defender o relativismo afirmando que todas as tradições têm direitos iguais, Feyerabend não se aproxima do relativismo absoluto como sugerem os autores da *Nature*. Ainda sobre o relativismo, o texto da *Nature* afirma que, se “um tipo de verdade é negado, outro também será, ficando em um caos de opiniões arbitrárias e divergentes em que todas as rotas levam inexoravelmente à ‘vale tudo’” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 598), o que parece sugerir que o relativismo proposto por Feyerabend é sinônimo de arbitrariedade.

O epistemólogo austríaco discute o que entende por relativismo em seu ensaio “Notas sobre o relativismo” (FEYERABEND, 2010, p. 27-110). Logo no início, Feyerabend caracteriza o seu relativismo como uma tentativa de dar sentido ao fenômeno da diversidade cultural. Porém, ele alerta que há apenas uma palavra, ‘relativismo’, mas uma variedade de pontos de vista – todos, porém, se afastam da ideia de arbitrariedade. É preciso diferenciá-los para identificar a qual relativismo os autores da *Nature* estão tecendo críticas.

No *relativismo epistêmico*, Feyerabend levanta a hipótese de que existem muitas maneiras diferentes de viver e acumular conhecimento. Feyerabend reforça este ponto de vista ao afirmar que “para cada afirmação, teoria, ponto de vista, que por bons motivos, acreditamos serem verdadeiros, existem argumentos mostrando uma alternativa conflitante que é pelo menos igualmente boa, ou até melhor” (FEYERABEND, 2010, p. 95).

¹⁸ Feyerabend discute o relativismo em seu ensaio publicado em ‘Adeus à razão’ (FEYERABEND, 2010), intitulado ‘Notas sobre o relativismo’ (p. 27-110). Em Damasio e Peduzzi (2015a) podem-se encontrar comentários a respeito da abordagem de Feyerabend sobre a questão.

Parece ser este relativismo que o artigo da *Nature* critica quando coloca que, quando um tipo de verdade é negado, isto levaria a um caos de opiniões. Para contrapor este argumento, o próprio Feyerabend usou como exemplo a própria ciência moderna. As teorias científicas se ramificam em várias direções, usam conceitos diferentes e até incomensuráveis e avaliam eventos de maneira diferentes. A evidência científica depende das atitudes e julgamento que mudam com o tempo. Ou seja, a defesa de Feyerabend do relativismo epistêmico não leva a um caos de opiniões, apenas procura alertar que visões opostas podem ser igualmente sólidas.

Outro ponto que merece análise é a afirmação em *Nature* de que em um anarquismo epistemológico que prescinde de uma metodologia científica específica, não há razão para discutir esse assunto na educação científica. Nesta argumentação existem dois contrapontos a serem feitos: um sobre a não existência de metodologia científica e outro que neste cenário os cientistas não necessitariam de uma formação especial. Os dois pontos serão analisados a seguir.

Sobre o método científico, o racionalista presume que não há nada melhor para o desenvolvimento da ciência. De onde vem a presumida excelência científica? De acordo com Feyerabend, para muitos, a Ciência, mesmo tendo defeitos, é superior porque usa o método correto para obter resultados.

Feyerabend argumenta que a resposta ao primeiro argumento é simples: não existe nenhum método científico, não há procedimento único ou conjunto de regras que esteja presente em todas as pesquisas e garanta seu caráter científico, e logo, confiável. “A ideia de uma racionalidade universal e estável é tão irreal quanto à ideia de um instrumento de medida universal e estável que meça qualquer magnitude, não importa as circunstâncias” (FEYERABEND, 2011, p. 123).

A ausência de método científico universal, no entanto, não implica que a pesquisa é arbitrária e desgovernada. Existem padrões, eles surgem do próprio processo de pesquisa, e não de visões abstratas oriundas de teorias racionalistas. Para inventar um novo padrão é necessário engenhosidade, tato, conhecimento de detalhes para poder chegar a alguma conclusão sobre o que esta se pesquisando de maneira fundamentada. O mesmo vale em relação às teorias existentes, e assim podem-se inventar novas.

Os resultados científicos difundidos pelos racionalistas não podem ser considerados méritos exclusivos da própria ciência. A ciência se desenvolve em vários intercâmbios de ideias com outras áreas, como

nos exemplos citados por Feyerabend de Copérnico com Filolau e da medicina com o herbalismo, psicologia e metafísica – inovadores como Paracelso voltaram-se para ideias antigas para aprimorar a medicina¹⁹. Logo, quando o texto da *Nature* defende um treinamento dos futuros cientistas no método científico certamente os autores não estavam a par de toda a complexidade do tema. A análise desta complexidade nos leva a conclusão de que não existe um único método de fazer ciência e que os que existem podem ser melhorados com o intercâmbio com outras tradições.

A crítica que, se a ciência fosse como Feyerabend propõe, o trabalho do cientista seria muito mais fácil também precisa ser contrargumentada, pois um treinamento universal em virtudes e racionalidade, como ela sugere que seja o treinamento de um cientista, destrói as tradições e, provavelmente, criaria pessoas apáticas e resignadas, sendo uma ameaça à liberdade. Para um cientista se capacitar, ele precisa dominar diversos padrões, métodos e procedimentos. Somente quando dominar alternativas diferentes, ele poderá chegar a uma conclusão de quais regras e padrões irá adotar, ou seja, o trabalho de um cientista, na visão de Feyerabend, é muito mais difícil que na ciência vista sob a ótica metodológica de um racionalista. Como ele próprio defendeu, “uma ausência de padrões ‘objetivos’ não significa menos trabalho; significa que os cientistas têm que checar todos os ingredientes de sua profissão e não apenas aqueles que filósofos e cientistas que aderem ao sistema consideram caracteristicamente científico” (FEYERABEND, 2010, p. 337). Cabe ainda ressaltar que as alternativas devem ser proliferadas, segundo este ponto de vista, mesmo que não sejam dominadas por um único e mesmo cientista.

Quando os autores da *Nature* colocam que “o que está realmente em jogo é nada menos que o futuro progresso da nossa civilização, este perigo surge do fato de que as antíteses sufocam o progresso” (THEOCHARIS; PSIMOPOULOS, 1987, p. 597), eles estão sugerindo que o anarquismo epistemológico de Paul Feyerabend seria um perigo ao progresso da ciência. Porém, mais uma vez, tal afirmação precisa ser contraposta com as ideias do epistemólogo austríaco. Ele analisa a questão nos primeiros capítulos de sua obra *Contra o método*.

Para ele, o único princípio que não inibe o progresso é o pluralismo metodológico e de ideias, pois o progresso do conhecimento só ocorre quando os pensadores violam inadvertidamente (ou não) certas

¹⁹ Ponto explorado em detalhes em *Contra o método*.

regras e metodologias óbvias. Como exemplo, Feyerabend cita que existem circunstâncias no empreendimento científico que são aconselháveis introduzir, elaborar e defender hipóteses *ad hoc*, ou mesmo elaborar hipóteses que contradigam resultados experimentais bem sucedidos e em geral aceitos.

Logo, parece claro que a ausência de método universal não inibe o progresso da ciência como sugerem os autores da *Nature*. Para Feyerabend, o que ocorre é exatamente o contrário. Se o empreendimento científico se comportasse tal qual as regras bem conhecidas dos racionalistas, haveria muita dificuldade do progresso do conhecimento ocorrer. Por exemplo, a condição de consistência (que uma hipótese nova esteja de acordo com as teorias aceitas) preserva a teoria mais antiga, não a melhor. Ou seja, o anarquismo epistemológico é importante mesmo em uma ciência pautada por lei e ordem, quando tais padrões são violados ocasionalmente.

3.5 IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA – O ENSINO DE CIÊNCIAS PARA UMA SOCIEDADE LIVRE

As possíveis implicações da exposição anterior para o ensino de ciências ocorrem ao provocar a reflexão dos educadores científicos em relação a sua prática docente. Para isso, é necessário que os professores de ciência se questionem sobre a filosofia que sustenta sua atuação (se racionalista, relativista ou qualquer outra) e que estão assim difundindo, consciente ou inconscientemente.

Para Feyerabend, existe uma oposição entre a educação racionalista e a educação para uma sociedade livre. Pesquisas recentes mostram que sua epistemologia é coerente e complementar a de uma educação visando uma aprendizagem significativa crítica. Damasio e Peduzzi (2015b) sustentam que sempre há uma postura epistemológica por trás de qualquer abordagem de história da ciência, que pode ser, por exemplo, racionalista ou relativística.

Especificamente em relação a algumas contribuições de Feyerabend para a educação científica, é preciso lembrar que não era sua intenção fazer prescrições educacionais. Mesmo que suas ideias possam contribuir para uma educação científica útil para um cidadão do século XXI, sua filosofia deve estar articulada com um referencial educacional coerente e complementar, como o que ocorre em relação à Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Desmistificar, portanto, a epistemologia de Paul Feyerabend ao discutir os motivos e alegações

que o levaram a ser declarado como o “pior inimigo da ciência” parece ser bastante importante, principalmente nos cursos de epistemologia da ciência durante a formação inicial de professores.

Para Feyerabend, uma educação científica não deveria se ocupar de reproduzir as regras que o racionalista acredita que a ciência obedece e, sim, procurar discutir pontos, tais como: as maneiras como os problemas científicos são atacados e resolvidos dependendo das circunstâncias disponíveis naquele momento e dos desejos de todos os que estão lidando com eles e, assim, também para os problemas da sociedade e a interação das culturas. Ou seja, “não há quaisquer condições-limite permanentes da pesquisa científica” (FEYERABEND, 2011, p. 361).

Feyerabend diz ter pouco carinho com os educadores que tratam o conhecimento que querem ensinar como “um novo sol iluminando as vidas daqueles que vivem na escuridão” (FEYERABEND, 2011, p. 365). Ele diz ter menosprezo pelos professores que procuram escravizar as pessoas “em nome de ‘Deus’ ou ‘da verdade’ ou ‘da justiça’, ou outras abstrações” (FEYERABEND, 2011, p. 365). Especialmente porque os preceptores não têm coragem de assumir sua responsabilidade sobre tais ideias e se escondem atrás do que chamam ‘objetividade’.

O modelo proposto pelo epistemólogo austríaco é o de recomendar que se dê igualdade a todas as tradições, onde qualquer proposta é primeiramente analisada pelas pessoas a quem é dirigida e ninguém pode prever o resultado deste processo. Assim, até mesmo um fascismo extremo não é condenado de antemão – tal sugestão enfureceu muitos leitores de Feyerabend, segundo ele. Porém, o filósofo defende que não existem razões objetivas para dar apoio à repulsão de alguns grupos a alguma ideia, e que a desgraça de nosso mundo “é causada não por indivíduos maus, mas por pessoas que objetivaram seus desejos pessoais e suas inclinações e assim se tornaram desumanas” (FEYERABEND, 2011, p. 370).

Quando se coloca uma tradição acima das outras, as escolas se ocupam de “esforços de nossos educadores, que, ano após ano, são jogados sobre a geração mais jovem para enchê-la de ‘conhecimento’ sem consideração pelo passado e pelo contexto dos alunos” (FEYERABEND, 2011, p. 369). Desta forma, corre-se o risco de matar culturas inteiras com seu conhecimento se tornando raridade. Este tipo de educação, “na maior parte do tempo consiste em transformar jovens maravilhosos em cópias descoloridas e hipócritas de seus professores” (FEYERABEND, 2011, p. 372).

Então uma sociedade livre, para Feyerabend, é aquela em que é dado a todas as tradições acesso igualitário às posições de poder, que inclui a educação. Uma sociedade livre na visão de Feyerabend não pode ser baseada no racionalismo. A sua estrutura básica deve ser protetora. Ela não será imposta, mas surgirá em lugares em que as pessoas ao solucionar problemas específicos utilizem um espírito de colaboração. Os debates em uma sociedade livre não são guiados, mas abertos, isto significa que todas as tradições são tratadas em igualdade de condições.

Na troca guiada, alguns participantes adotam uma tradição bem específica e aceitam as respostas que correspondem a seus padrões. Quem ainda não participa de tal tradição “será atormentado, persuadido, ‘educado’ até que o faça – e então a troca começa” (Feyerabend, 2007, p. 306). O epistemólogo austríaco entende que neste caso, a educação garante que os adultos se comportem de modo apropriado com a tradição que o subjaz. Se os racionalistas tem poder, eles não tomarão seus colaboradores a sério até que estes tenham se tornado racionalistas, ou seja, uma sociedade baseada na racionalidade não é inteiramente livre. A educação científica neste processo, tal como hoje é muito difundida, tem precisamente este objetivo: simplifica a ciência por meio de regras racionalistas para entender o empreendimento científico. A ciência é separada do restante da história e recebe uma ‘lógica’ própria, e “um treinamento em tal ‘lógica’ condiciona aqueles que trabalham nesse campo; torna suas ações mais uniformes e também congela grandes porções do processo histórico” (FEYERABEND, 2007, p. 34).

Cabe ao educador científico ter consciência de qual tipo de troca está fazendo em sua prática docente. A guiada, sendo que assim se alinharia aos racionalistas, ou a aberta, que estaria contribuindo para o que Feyerabend chama de sociedade livre.

Por fim, segundo Feyerabend, o educador que procura mostrar a ciência em uma sociedade livre, deve apresentá-la como uma ideologia entre muitas outras e que deve ser separada do estado exatamente como a religião hoje está. A difusão de uma suposta excelência da Ciência é visível quando os professores não a exibem com uma apresentação histórica de fatos e princípios. Eles normalmente a expõe como verdade, e “dizer qualquer outra coisa é um absurdo” (FEYERABEND, 2010, p. 93). Aceitam-se leis e fatos científicos; estes são ensinados nas escolas e eles são base de decisões políticas importantes, porém, tais leis e fatos não foram examinados pelo grande público antes e tampouco submetido a voto – como normalmente ocorre em procedimentos decisórios democráticos. “A sociedade moderna é copernicana não porque

Copérnico foi um dos candidatos à votação, discutido de uma maneira democrática e eleito com maioria simples; ela é copernicana porque os cientistas são copernicanos” (FEYERABEND, 2011, p. 93). O público em geral aceita a hipótese copernicana de maneira tão pouco crítica quanto o fez com relação à Cosmologia dos bispos e cardeais.

Segundo Feyerabend, quando a ciência competia com outras ideologias, como nos séculos XVII, XVIII e XIX, ela era uma força libertadora porque limitava a influência de outras ideologias e, com isto, dava ao indivíduo o que pensar. No entanto, a ciência, ou qualquer outra ideologia, não é inerentemente libertadora. “Ideologias podem se deteriorar e se transformar em religiões dogmáticas” (FEYERABEND, 2010, p. 94), e isto ocorre quando sua oposição é destruída – e o desenvolvimento da ciência, especialmente depois da II Guerra Mundial, é um bom exemplo disto.

A difusão da prevalência da ciência por meio da educação científica é uma ameaça à democracia, segundo Feyerabend. Para os racionalistas, sua tradição não é uma visão entre muitas, mas a base para a sociedade. A liberdade que eles defendem existe somente para aqueles que já aceitaram parte de sua ideologia racionalista. Igualdade, para eles, não significa igualdade entre tradições, mas igualdade de acesso a uma tradição específica.

Em uma sociedade democrática, um cidadão tem direito de ler, escrever e fazer propaganda daquilo que lhe agrada. Ele tem o direito de não somente aceitar ideias, mas viver de acordo com elas e formar associações que apoiem seu ponto de vista. Este direito é dado ao cidadão por duas razões, a primeira é que todas as pessoas devem ser capazes de buscar aquilo que acham que é verdade e segundo porque a única maneira de chegar a uma conclusão sobre aquilo que é útil ou correto é familiarizar-se com o maior número de alternativas. O cidadão deveria ter o poder de dar opinião sobre a administração de qualquer instituição que financie, seja individualmente ou como contribuinte. E isto inclui as instituições científicas.

Mas um questionamento de um racionalista em relação ao envolvimento de leigos nas questões científicas recorrente é: Será que leigos possuem conhecimentos suficientes para decisões deste tipo? A resposta para este tipo de pergunta é que uma democracia não se constitui em uma “coleção de ovelhas guiadas por um pequeno grupo de sabe-tudo” (FEYERABEND, 2010, p. 108). Uma sociedade livre é constituída por pessoas maduras, mas tal maturidade precisa ser aprendida.

Neste ponto, então, vem a maior contribuição de um ensino de ciência para uma sociedade livre. Pois, tal maturidade não pode ser aprendida nas escolas atuais com nosso corrente ensino de ciências “em que o aluno se depara com cópias dessecadas e falsificadas de decisões passadas” (FEYERABEND, 2011, p. 108); ela é adquirida por meio de participação ativa em decisões que ainda precisam ser tomadas.

A educação científica que visa ensinar uma ciência em uma sociedade livre deve buscar desconstruir algumas questões difundidas e defendidas pelos racionalistas, como que a ciência é superior porque usa o método correto e que há muitos resultados para provar a excelência deste método. Ao se discutir diferentes visões de ciência percebe-se o quanto entender como o conhecimento científico surge, desenvolve-se e é avaliado é um tema complexo e que gera debates acalorados. Cabe ao professor de ciência refletir sobre que visão da natureza científica está difundido e também o que implica tal visão na sociedade.

A posição de Feyerabend de uma visão relativista da ciência e a defesa da ciência para uma sociedade livre leva o professor de ciência a ensinar esta tradição como uma entre tantas outras, e que as costumeiras reivindicações de superioridade do conhecimento científico perdem o sentido neste tipo de sociedade. O fato de estas ideias parecerem muito ousadas para alguns pensadores, explica em parte por que a alcunha de inimigo da ciência foi atribuída a Feyerabend.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em artigo publicado no periódico *Scientific American*, Horgan (1993) ressalta que Feyerabend nunca se opôs à ciência, como pode parecer no artigo da *Nature*. Um trecho que parece especialmente reforçar esta ideia é quando autores da publicação *Nature*, Theocharis e Psimopoulos (1987), afirmam que, com o fim do monopólio na produção de conhecimento pelos cientistas, eles perderão seu *status* privilegiado na sociedade. Desta forma haverá uma desvalorização do trabalho científico. Uma importante questão final que pode ser analisada é se, de fato, Feyerabend desvaloriza a ciência e o trabalho científico.

Feyerabend procura desvincular a ciência da racionalidade, afirmando que a “razão, ao menos na forma em que é defendida por lógicos, filósofos e alguns cientistas, não se ajusta à ciência e não poderia ter contribuído para seu desenvolvimento” (FEYERABEND, 2007, p. 289). O epistemólogo austríaco ainda defende que, mesmo que

a ciência seja admirada e tenha resultados admiráveis, isto não é suficiente para fazer dela medida de excelência.

Logo, Feyerabend só pode ser considerado o “pior inimigo da ciência” quando se entende ciência e razão como sinônimos, e quando as colocam como padrão de superioridade para outras culturas. Por conseguinte, a alcunha seria mais adequada se fosse “O pior inimigo da razão”. Ele não se coloca contra a ciência, tampouco contra o trabalho dos cientistas, apenas mostrou o limite da validade da razão e do empreendimento científico.

Parece claro que, segundo o epistemólogo austríaco, por meio da educação científica é possível criar e manter uma tradição com regras estritas e, até certo ponto, bem sucedidas. As reflexões necessárias aos educadores científicos que se colocam neste cenário são: Será desejável dar apoio irrestrito a uma tradição a ponto de excluir todas as outras? Devemos dar-lhe o direito exclusivo de negociar o conhecimento a ponto de resultados de outras tradições serem rejeitados? Será que os cientistas permanecem nas fronteiras das regras estritas da tradição em que foram treinados? O cientista é sempre objetivo e racional? Neste artigo foram colocadas duas opiniões bem diferentes, a dos autores do artigo da *Nature* e seus comentadores, que parecem que respondem ‘Sim’ a todas essas perguntas, e a de Feyerabend que responde um categórico ‘Não’ aos questionamentos. Isto explica, em parte, a oposição entre as opiniões colocadas que levaram aos primeiros a chamar o segundo de “pior inimigo da ciência”.

O contraste desses posicionamentos pode servir de reflexão para que educadores científicos tenham uma melhor clareza sobre a(s) filosofia(s) que sustenta(m) sua prática docente, e que estão difundindo em aula, explícita ou implicitamente. E a abordagem das questões expostas neste artigo procurando desmistificar a alcunha de “pior inimigo da ciência” usada para depreciar a obra de Feyerabend parece ser um aporte bastante importante quando se discute epistemologia da ciência, principalmente na formação inicial de professores.

Referências bibliográficas

BUNGE, M. **Racionalidad y realismo**. Madrid: Alianza, 1985.

BROAD, W. J. Paul Feyerabend: science and the anarchist. **Science**, v. 206, p.234-237, 1979.

CHALMERS, A. A. F. **O que é ciência afinal?** Brasília: Editora Brasiliense. 1993.

CHASSOT, A. Ciência e humanismo. **ACTA SCIENTIAE**, v.6, n.2, p. 7-18, 2004.

CUPANI, A. **A crítica do positivismo e o futuro da filosofia.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1985.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polemicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 20, n. 1, 2015a.

_____. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica no ensino de história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 20, n. 3, 2015b.

FEYERABEND, P. K. **Matando o tempo – uma autobiografia.** São Paulo: Editora UNESP, 1996.

_____. **Contra o método.** São Paulo: Editora UNESP, 2007.

_____. **Adeus à razão**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

_____. **A Ciência em uma sociedade livre**. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

HAHN, H.; NEURATH, O.; CARNAP, R. A concepção científica do mundo – O Círculo de Viena. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 10, p. 5-20, 1986.

HENNING, P. C. Profanando a ciência: relativizando seus saberes, questionando suas verdades. **Currículo sem Fronteiras**, v.7, n.2, p.158-184, 2007.

HORGAN, J. The worst enemy of science. **Scientific American**, v. 268, n. 5, p. 16-17, 1993.

KERFERD, G. B. **O movimento sofista**. São Paulo: Edições Loyola, 2003.

KUHN, T. S. Respondendo a meus críticos. In: I. Lakatos; A. Musgrave (Org.) **A Crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

MÜLLER, F.L. Educação em Feyerabend. **Educação e Filosofia**, v. 15, n. 30, p. 35-52, 2001.

PRESTON, J.; MUNEVAR, G.; LAMB, D. **The Worst Enemy of Science? Essays in Memory of Paul Feyerabend**. Oxford University Press, 2000.

REGNER, A. C. K. P. Feyerabend e o pluralismo metodológico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 231-247, 1996.

SILVA, M. R. Um passeio pelas principais correntes da filosofia da ciência. **ComCiência (UNICAMP)**, v. 120, p. 1-5, 2010.

STADLER, F. **The Vienna circle: studies in the origins, development, and influence of logical empiricism**. Springer International Publishing, 2015.

TERRA, P.S. A propósito da condenação de Feyerabend em Roma por causa de suas ideias sobre o conflito entre a Igreja e Galileu. **Scientiae Studia**, v. 6, n. 4, p. 665-679, 2008.

THEOCHARIS, T.; PSIMOPOULOS, M. Where science has gone wrong. **Nature**, v. 329, n. 6140, p. 595-598, 1987.

WESTPHAL, M. e PINHEIRO, T. C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

Capítulo 4

**CIÊNCIA: A NOVA RELIGIÃO –
LIMITAÇÕES DA VISÃO
RACIONALISTA DE CIÊNCIA E
SUAS POSSÍVEIS
IMPLICAÇÕES PARA A
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

4 CIÊNCIA: A NOVA RELIGIÃO – LIMITAÇÕES DA VISÃO RACIONALISTA DE CIÊNCIA E SUAS POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA²⁰

4.1 INTRODUÇÃO

O termo ‘científico’ vinculado a algo parece trazer um selo de qualidade inerente. Quando se quer apelar para a autoridade da ciência e dos cientistas, procura-se associar um produto/linha de raciocínio/atitude a este vocábulo. No entanto, a expressão ciência é recente e foi popularizada somente no século XIX com a contribuição da Sociedade Britânica para o Progresso da Ciência. Segundo o *New English Dictionary* (MURRAY, 1884), o ano de 1864 registra a mais antiga data para o uso moderno do termo.

O grande valor atribuído a qualquer coisa que tenha o rótulo de científico na sociedade contemporânea é batizada por Postman (1994) de cientismo. Nele, conforme descreve o autor, existe uma desesperada esperança, um desejo que leva a uma crença ilusória de que um conjunto padronizado de procedimentos (método científico) pode proporcionar uma fonte incontestável de autoridade moral. Assim, seria constituída uma base sobre-humana para o progresso, tanto científico como tecnológico. Para Postman, o cientismo é a grande ilusão da sociedade contemporânea e uma educação baseada em suas premissas é insuficiente para formar cidadãos capazes de não serem subjugados pela cultura vigente.

Neste artigo argumenta-se, inicialmente, que nem todas as visões do empreendimento científico se alinham com o cientismo cunhado por Postman. De acordo com o filósofo da ciência Paul K. Feyerabend (1924-1994), tal crença é oriunda das visões racionalistas de ciência. Nesta perspectiva, segundo este autor, essas maneiras de enxergar o empreendimento científico se aproximam de uma forma secular da retórica teológica, alinhando-se à crítica de Postman ao cientismo.

A obra de Feyerabend foi publicada principalmente entre as décadas de 1970 e 1990. Suas contribuições podem ser consideradas oportunas e ainda atuais, tanto que, no contexto nacional, elas são abordadas em grande parte dos cursos de epistemologia da ciência, em nível de graduação e, principalmente, de pós-graduação. No entanto, as

²⁰ Artigo parcialmente publicado nas atas do VI Encontro Estadual de Ensino de Física

discussões quase sempre giram em torno de seu livro de 1975, *Contra o Método*. Exemplos disso são a UFSC e UFRGS em seus programas de graduação em Física e de pós-graduação em Ensino de Física e Educação Científica e Tecnológica. Mesmo artigos que se dedicam a discutir Feyerabend, citam apenas sua obra de 1975 (TERRA, 2002). Não obstante, o foco em *Contra o Método*, ou talvez mesmo por isso, não exime a crítica das interpretações equivocadas de Feyerabend que o próprio autor chamou de incompetência profissionalizada. Na literatura (DAMASIO e PEDUZZI, 2015a) pode-se encontrar trabalhos que procuram esclarecer tais interpretações de “especialistas”, que muitas vezes rejeitam as ideias de Feyerabend mesmo tendo leitura superficial e equivocada de sua epistemologia.

A contribuição que este artigo pretende dar é a de versar sobre questões pouco abordadas da epistemologia de Feyerabend em artigos e cursos de graduação e pós-graduação, pois muitas delas estão presentes em obras como *A Ciência para uma Sociedade Livre* (de 1978), *Adeus à Razão* (de 1987) e *A Conquista da Abundância* (de 1999). Principalmente, objetiva-se expor as críticas às visões racionalistas de ciência e como elas usam argumentos que se aproximam da retórica de defensores de uma religião. No entanto, o artigo não se limita a exibir apenas as ideias de Feyerabend. A originalidade da discussão que se segue está na articulação que se procura estabelecer entre as ideias do epistemólogo austríaco sobre o empreendimento científico e a educação científica. Críticas às visões racionalistas de ciência, traçando paralelos entre os argumentos do racionalismo com os de um religioso, podem se constituir em um importante aporte para apresentar o empreendimento científico buscando por uma aprendizagem significativa crítica, sugerida no início do século XXI por Moreira e muito influenciada pela obra de Postman. Tal concepção almeja formar cidadãos preparados para viver em uma sociedade com mudanças socioculturais rápidas e drásticas como a que se vive hoje, afastando-se do cientismo de Postman que está muito ligado à visão racionalista de ciência.

4.2 RACIONALIDADE, RACIONALISMO E RELATIVISMO

No âmbito da filosofia da ciência, sob um mesmo nome, caracterizando algo, pode haver profundas divergências entre os filósofos e demais estudiosos. Por isso, faz-se necessário esclarecer em que sentido vão incidir as considerações feitas a seguir sobre racionalismo e racionalidade. Elas estarão em conformidade com as

críticas que Feyerabend faz a ambos. Portanto, não se estendem a autores que os entendem de maneira diferente da de Feyerabend.

Feyerabend (2010) procurou definir a ideia da Razão ou racionalidade e a ideia da Objetividade. Quando se afirma que um procedimento é objetivo, faz-se por considerar que ele é independente das expectativas, ideias, atitudes e desejos humanos – reivindicação que muitos cientistas e intelectuais fazem acerca de seu trabalho, mesmo sendo esta ideia muito mais antiga que a própria ciência. Ser racional, no sentido material do termo, denota aceitar algumas ideias e rejeitar outras à luz de argumentos e procedimentos supostamente convincentes. Logo, para Feyerabend, a noção de racionalidade é ambígua, nunca explicada claramente.

Por racionalismo, o autor austríaco entende a filosofia inerente a esta abordagem teórica, que define como a “ideia de que há regras e padrões gerais para guiar nossos assuntos, assuntos de conhecimento até” (FEYERABEND, 2007, p. 289). Para ele, a crença de que algumas exigências são objetivas e independentes da situação desempenham papel importante no racionalismo (FEYERABEND, 2010).

Feyerabend entende como relativismo a compreensão de que o ponto de vista que alguma pessoa tenha mais carinho pode ser apenas mais um entre outros. Ele pode até mesmo ser desinteressante e um obstáculo para os que não compartilham de uma tradição específica. Para os racionalistas, no entanto, “só existe uma verdade e ela deve prevalecer” (FEYERABEND, 2011, p. 100) – o relativismo seria temido pelos racionalistas por ele acabar com este exercício de superioridade. A definição de relativismo sugere formar pessoas que entendam que suas ideias mais apriadas podem não ser tão bem sólidas para outros como são para elas, e ainda, que outros pontos de vista possam ser proveitosos.

O principal alvo das críticas de Feyerabend foi Karl Popper. Em *Adeus à Razão* (FEYERABEND, 2010) ele chega a afirmar que Popper banaliza o conhecimento e que sua filosofia é um sopro quente no positivismo. Mesmo que Feyerabend não tenha se referido em suas críticas a outros autores racionalistas mais contemporâneos, como Larry Laudan e Mario Bunge, sua desaprovação ao entendimento racional da ciência parece se estender a estes filósofos. O aprofundamento da discussão da concepção de Feyerabend dos termos racionalidade, racionalismo e relativismo fugiria do espoco deste artigo. No entanto, Damasio e Peduzzi (2015a,b) contextualizam o entendimento do epistemólogo austríaco das expressões e vinculam tais compreensões com suas possíveis implicações para a educação científica.

4.3 CRÍTICAS ÀS VISÕES RACIONALISTAS DE CIÊNCIA

O teor bastante crítico em relação às visões racionalistas de ciência de Feyerabend é muitas vezes entendido como um ataque ao próprio empreendimento científico. Tanto que ele chegou a ser chamado de ‘pior inimigo da ciência’ por autores de um artigo da prestigiada revista *Nature* (THEOCHARIS e PSIMOPOULOS, 1987). No entanto, o próprio Feyerabend deixa claro que não é contra a ciência; ele elogia seus praticantes e até indica alguns de seus procedimentos a outras tradições como a Filosofia. Quando a ciência é vista como capaz de conviver, interagir e contribuir com velhas tradições e outras formas de conhecimento, o epistemólogo austríaco declara: “Não sou contra uma ciência entendida desta maneira. Tal ciência é uma das invenções mais maravilhosas da mente humana. Mas sou contra ideologias que usam o nome da ciência para o assassinio cultural” (FEYERABEND, 2007, p. 23).

Para entender o nível das críticas à visão racionalista de ciência, o enunciado do que o próprio filósofo chama de tese de sua epistemologia é relevante: “os eventos, os procedimentos e os resultados que constituem as ciências não têm uma estrutura comum” (Feyerabend, 2007, p. 19). Ele sustenta que os filósofos suspeitam a algum tempo que não há apenas uma entidade chamada ‘ciência’ com princípios claramente definidos, mas que existe uma grande variedade de abordagens. Tal cenário se afasta da velha ideia platônica de ciência mantida em ordem por padrões racionais duradouros (FEYERABEND, 2005).

Feyerabend afirma que uma teoria de ciência que delinea padrões e uma estrutura para todo o empreendimento científico, e o faz em nome da razão e racionalidade, pode impressionar os observadores externos, mas é grosseiro para as pessoas envolvidas – os cientistas que enfrentam algum problema. O epistemólogo austríaco procura dar lastro a estes argumentos por meio de exemplos históricos. Ele chama de ‘tudo vale’ a “exclamação aterrorizada de um racionalista que examina a história de mais perto” (FEYERABEND, 2007, p. 8). Para ele, quando um filósofo estuda a história da ciência conclui que as várias formas de racionalidade produzem não apenas aberrações, mas teriam prejudicado a ciência caso tivessem sido adotadas como guia.

Feyerabend (2007, p. 32) questiona se: “devemos realmente acreditar que as regras ingênuas e simplórias que os metodólogos tomam como guia são capazes de explicar este labirinto de interações?”.

De acordo com o epistemólogo austríaco, somente com muita persuasão é que faz sentido a história da ciência tediosa, uniforme e ‘objetiva’, acessível, portanto, por meio de regras estritas e imutáveis. A razão, ou melhor, o apelo à razão é considerado por Feyerabend como uma manobra política, um treinamento. Ele descreve este seu argumento de maneira bastante inusitada (FEYERABEND, 2007, p. 40):

Assim como um bem treinado animal de estimação obedecerá a seu dono, por maior que seja o estado de confusão em que se encontre e por maior que seja a necessidade de adotar novos padrões de comportamento, da mesma maneira um racionalista bem treinado irá obedecer à imagem mental de seu mestre, manter-se-á fiel aos padrões de argumentação que aprendeu, apegar-se-á a esses padrões, por maior que seja o de confusão em que se encontre, e será inteiramente incapaz de compreender que aquilo que considera ser a ‘voz da razão’ não passa de um efeito casual subsequente do treinamento que recebeu.

O epistemólogo defende que não há uma única regra, “não importa o quão ‘fundamental’ ou ‘racional’” (FEYERABEND, 2007, p. 37), que não tenha circunstâncias em que seja aconselhável ignorá-la ou mesmo adotar a postura oposta a ela. A história da ciência, para o epistemólogo austríaco, é variada, multiforme e sutil, e é capaz de mostrar isto.

Da tese de Feyerabend decorre que não se deve descartar procedimentos não científicos, pois o argumento de que a ciência é uniforme e bem-sucedida, perde o sentido nesta perspectiva. De fato, a ciência nem sempre é bem sucedida e não existem tais procedimentos uniformes (FEYERABEND, 2011).

Para Feyerabend (2007, p. 46), o “conhecimento não é uma série de teorias autoconsistentes que converge para uma concepção ideal; não é uma aproximação gradual da verdade”. Para esclarecer a necessidade de alternativas teóricas, Feyerabend defende a conveniência de um padrão externo de crítica. Isto equivale a criar uma medida de crítica, algo com que os conceitos possam ser comparados. Para o epistemólogo austríaco, o conhecimento é um oceano de alternativas, incompatíveis entre si, onde todas contribuem mediante um processo de competição para o desenvolvimento da nossa consciência. Neste ponto de vista, o papel do cientista não é mais a “busca da verdade” ou de “sistematizar

as observações”, como defendem alguns racionalistas. A atividade científica é dirigida a tornar forte uma posição fraca e assim sustentar o movimento do todo.

Quando um racionalista anuncia triunfante, procurando desmerecer uma nova teoria, que ela é incompatível com fatos e princípios aceitos, ele está correto de acordo com Feyerabend, mas não no sentido que pretende. Em um estágio inicial de uma teoria a contradição indica apenas que o velho e o novo não são iguais e não estão compassados. Tal contradição não mostra quem é melhor. Para efetuar uma comparação justa entre o velho e o novo deve-se conservar a nova teoria mesmo diante de fatos refutadores claros. A nova concepção é arbitrariamente separada dos dados que dão lastro a sua predecessora e se torna ‘metafísica’, e “está claro que a adesão a novas ideias terá que ser produzida por outros meios que não argumentos. Terá que ser produzida por meios irracionais” (FEYERABEND, 2007, p. 167).

Os meios irracionais a que Feyerabend se refere são: propaganda, emoção, hipóteses *ad hoc* e recursos de todos os tipos. Eles são necessários a fim de sustentar a nova teoria, pois neste estágio inicial ela não passa de uma fé cega até se desenvolver e ter argumentos que transforme a fé em “conhecimento” sólido. Ao citar que a propaganda é essencial em ciência, Feyerabend coloca que, quando os argumentos se tornam fracos (porque seria impossível combater mediante argumentos o efeito de uma grande persuasão), até “o racionalista mais rigoroso será então forçado a deixar de argumentar para recorrer à propaganda e à coerção” (FEYERABEND, 2007, p. 39).

Para Feyerabend, está claro que uma teoria de racionalidade fixa se baseia em uma concepção demasiadamente ingênua do homem e suas circunstâncias sociais. Para ele, não há um único princípio que possa ser defendido em todas as circunstâncias e estágios de desenvolvimento humano. Esta conclusão advém dos “que examinam o rico material fornecido pela história e não têm a intenção de empobrecê-lo a fim de agradar a seus baixos instintos” (FEYERABEND, 2007, p. 42-43), e ao anseio por busca de segurança intelectual na forma de objetividade, verdade e precisão.

Alguns racionalistas aceitam que nosso conhecimento possa surgir de maneira desordenada e que, talvez, dependa de emoção, questão de estilo e mesmo de simples e puro erro. Porém, exigem que ao julgar tais ideias se tenha de seguir regras bem definidas, pois segundo eles “nossa avaliação de ideias não deve ser invadida por elementos irracionais” (FEYERABEND, 2007, p. 168). No entanto, ao analisar

episódios da história da ciência fica claro que existem diversas situações em que tal exigência racionalista teria eliminado pontos de vista que, hoje, consideramos essenciais para a ciência. Quando tais ideias sobrevivem, os racionalistas afirmam estar de acordo com a razão. Porém, elas sobreviveram por pura teimosia, paixão, vaidade e erros.

O ataque à visão racionalista de ciência é feito por Feyerabend afirmando que as ideias que ele defende não são novas, mas eram triviais para cientista como Mach, Einstein e Bohr. Entretanto, tais ideias foram corroídas pelos neopositivistas e pelos membros da “igreja do racionalismo ‘crítico’” (FEYERABEND, 2007, p. 9). Feyerabend relata que muitos leitores afirmam que o racionalismo crítico é suficientemente liberal para acomodar muitas de suas críticas, ao que o autor discorda. Ele coloca duas questões sobre o tema: É desejável viver de acordo com as regras do racionalismo crítico? É possível ter ambas as coisas, a ciência como a conhecemos e essas regras? Para o epistemólogo austríaco, a primeira questão é a mais relevante. O racionalismo crítico foi concebido ao tentar entender a revolução einsteiniana e depois estendido. Mas ao considerar sobretudo o problema da liberdade humana, as regras do racionalismo crítico são o pior procedimento possível.

Apesar de julgar a primeira questão mais relevante, Feyerabend discute mais a segunda e nega que possa coexistir a ciência, tal como a conhecemos, e as regras de um racionalismo crítico. Primeiro, pelo desenvolvimento real do conhecimento, nem sempre se parte de um problema. O epistemólogo austríaco considera que o procedimento racionalista crítico é uma ilusão epistemológica, onde o conteúdo imaginado das teorias anteriores diminui até se tornar menor que o conteúdo da teoria substituinte. A ilusão do racionalismo crítico é que é responsável pela sobrevivência da exigência de conteúdo aumentado para o empreendimento científico.

Em relação às hipótese *ad hoc*, Feyerabend afirma que elas são absolutamente necessárias. São estes artifícios que criam um contato provisório entre fatos e aquelas partes da nova concepção que só serão explicadas depois do acréscimo de muito material e que dão a direção da pesquisa futura. Para o epistemólogo austríaco, a ciência é muito mais descuidada e irracional que a imagem metodológica propagada pelo racionalismo crítico; a tentativa de torná-la racional acaba por eliminá-la. Ideias que hoje são consideradas base da ciência existem porque houve coisas como preconceito, presunção, paixão e porque estas coisas se opuseram à razão (FEYERABEND, 2010).

Existe uma versão aparentemente mais sofisticada do idealismo simples – que é como Feyerabend chama a crença na universalidade da racionalidade que dá origem a padrões e regras igualmente universais. Tal versão mais sofisticada não pressupõe mais a racionalidade universal, mas enunciados válidos condicionalmente ao seu contexto, e em cada situação existem regras correspondentes à racionalidade local. Feyerabend diz que a versão aparentemente mais sofisticada do idealismo simples também não é satisfatória para a solução dos problemas da racionalidade científica. “Estes problemas não são resolvidos por uma mudança de padrões, mas ao considerarem-se os padrões em uma perspectiva inteiramente distinta” (Feyerabend, 2007, p. 310). Mesmo que exista uma possibilidade de discussão e mudança nesta versão mais sofisticada de racionalismo, ela não leva tal prática em conta e permanece restrita ao domínio abstrato de regras, padrões e lógica.

O epistemólogo austríaco defende uma explicação contextual, mas que regras contextuais não devam substituir regras absolutas. Quando um filósofo da ciência procura regras e padrões por meio da análise da tradição científica, ele encontra um problema: a ciência não é uma tradição, e sim muitas. O que leva a uma diversidade de padrões que podem ser incompatíveis. “Além disto, o procedimento faz que seja impossível, para o filósofo, dar razões para a escolha que faz da ciência, em vez do mito ou de Aristóteles” (Feyerabend, 2007, p. 311).

4.4 UMA NOVA RELIGIÃO?

Em seu ensaio *How to Defend Society against Science* (FEYERABEND, 1998), o epistemólogo austríaco afirma que a declaração mais provocativa que se pode fazer é dizer que a ciência é uma religião. Feyerabend ainda ressalta que encontrou muitas excelentes razões para manter tal afirmação. Assim como ocorria com os “fatos” religiosos, os “fatos” científicos são ensinados em uma idade muito precoce, sem nenhuma tentativa de despertar capacidade crítica em relação a eles nos estudantes – sendo que tal doutrinação atinge seu ápice nas universidades.

Feyerabend chama de *condição de consistência* uma regra muito apreciada por racionalistas que pregam o monismo teórico na ciência cotidiana, ou que o cientista trabalhe com certo dogmatismo para o desenvolvimento do empreendimento científico. Tal condição de consistência exige que hipóteses introduzidas pelo cientista sejam

consistentes com as teorias bem estabelecidas. “A unanimidade de opiniões pode ser adequada para uma igreja rígida, para vítimas assustadas ou ambiciosas de algum mito (antigo ou moderno)” (FEYERABEND, 2007, p. 60).

Feyerabend define a *condição de consistência* como muito pouco tolerante ao eliminar teorias ou hipóteses que não estejam de acordo com outra teoria mais antiga, familiar e aceita. “Se a segunda teoria tivesse surgido primeiro, a condição de consistência teria operado a seu favor” (FEYERABEND, 2007, p. 52). Logo, essa condição contribui para preservar o que é mais antigo e familiar e que as teorias não devem ser mudadas a menos que estejam em desacordo com os fatos.

Para Feyerabend (2007, p. 63), não “há nenhuma ideia, por mais antiga e absurda, que não seja capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento. Toda a história do pensamento é absorvida na ciência e utilizada para o aperfeiçoamento de cada teoria”. Além disto, quando os racionalistas apelam para a *condição de consistência* sem estar cientes da complexidade do conhecimento científico, eles esvaziam suas teorias mais caras e as transformam no que dizem mais desprezar: doutrinas metafísicas.

Para aumentar o conteúdo empírico do conhecimento, a criação de opções diferentes das já estabelecidas é essencial ao método empírico. Se fossem eliminadas tais alternativas, como prega a *condição de consistência*, ter-se-ia não só desacordo com a prática científica como também com o empirismo. Excluem-se, assim, testes valiosos; diminui-se o conteúdo empírico e o número de fatos que poderiam mostrar os limites da teoria vigente. Assim sendo, elas se tornam crenças sem contrapartida empírica, que é a mesma crítica que muitos deles fazem às tradições religiosas. Quando um racionalista apela à *condição de consistência* limita a variedade, contendo um “elemento teológico que reside, é claro, na adoração dos ‘fatos’ tão característica de quase todo o empirismo” (FEYERABEND, 2007, p. 61).

Um defensor da *condição de consistência* irá argumentar que não há vantagem em substituir uma teoria aceita (mesmo que admita suas falhas) por outra com caráter igualmente insatisfatório, se do ponto de vista empírico a nova não tiver vantagem nenhuma sobre sua predecessora. Para ele, o único melhoramento real deriva de acréscimos de fatos novos, que deverão ser confrontados com a teoria corrente e sustentá-la ou provocar mudanças indicando onde ela está errada. Ou seja, a invenção de novas alternativas sob este ponto de vista não só não ajuda como atrapalha, ao absorver potencial humano que poderia desenvolver as teorias vigentes. Sob este ponto de vista racionalista, as

teorias não devem ser mudadas a menos que estejam em desacordo com os fatos.

Para aumentar o conteúdo empírico de sua ciência, a um cientista demanda comparar sua teoria com outras – mesmo que consideradas superadas. Assim, ele tentará aperfeiçoar o conhecimento não desprezando as concepções aparentemente vencidas. Estas podem estar no passado em locais onde seja possível encontrá-las, inclusive em mitos antigos e fantasias de excêntricos. Para dar lastro a seu argumento, Feyerabend cita o caso dos avanços da medicina ocidental ao revalorizar a medicina tradicional chinesa. Logo, para o epistemólogo austríaco, o conhecimento é obtido pela multiplicidade de concepções, e não através da aplicação de uma determinada ideologia preferida (FEYERABEND, 2010).

O elemento teológico da adoração dos fatos pode ser encontrado em outra regra atribuída pelos racionalistas ao empreendimento científico: as teorias não devem ser inconsistentes com experimentos, fatos e observações. “Podemos começar analisando que nenhuma teoria jamais está de acordo com todos os fatos conhecidos em seu domínio” (FEYERABEND, 2007, p. 71). Quando tais desacordos são muito difíceis de contornar, a atitude, então, é a de simplesmente conservar a teoria e esquecer suas deficiências. Também, o procedimento que consiste em eliminar os resultados de certos cálculos e substituí-los de acordo com os dados que o cientista julga confiáveis é bastante comum, de acordo com Feyerabend.

Para Feyerabend, os modelos do método empírico que tratam de confirmações e testes têm como seu pressuposto que os fatos estão disponíveis independentes de considerar alternativas teóricas, além daquela testada. Tal inferência é chamada pelo epistemólogo de *princípio da autonomia*. Ele, no entanto, discorda de tal princípio, sendo os fatos e teorias muito mais intimamente ligados do que admite um racionalista. A descrição de fatos depende de alguma teoria, além disso, existem fatos que não podem ser revelados sem o auxílio de alternativas teóricas. No entanto, eles deixam de existir com a exclusão de opções com conjecturas diferentes das aceitas pela maioria. Logo, tanto os fatos como o caráter refutador decisivo dos fatos, só podem ocorrer com o auxílio de outras teorias discordantes da testada. Assim, a invenção e articulação de alternativas devem preceder a fatos refutadores (FEYERABEND, 2010).

O epistemólogo austríaco ressalta que para desenvolver teorias científicas, que ele chama de verdadeiros milagres, foi preciso atribuir as dificuldades existentes entre a relação de teoria e fato a

procedimentos como: ocultação de hipóteses *ad hoc*, aproximações *ad hoc* e outras condutas que um racionalista se recusa a enxergar. Ele entende que todas as teorias de confirmação e corroboração que exigem concordâncias entre fatos conhecidos são teorias inúteis. O empreendimento científico, tal qual conhecemos, só pode existir, segundo Feyerabend (2007, p. 8), ao admitirmos que a “ciência pode ficar de pé sobre suas próprias pernas e não precisa de ajuda de racionalistas, humanistas seculares, marxistas e movimentos religiosos semelhantes”.

A crença de que o mundo a ser descrito pela ciência não é paradoxal leva ao padrão de que nosso conhecimento deve ser autoconsistente, ou seja, teorias que contenham contradições não podem fazer parte do empreendimento científico. Este padrão é aceito sem hesitação por um filósofo racionalista, “assim como os católicos aceitaram o dogma da imaculada concepção da Virgem Maria” (FEYERABEND, 2007, p. 315).

A ilusão da racionalidade torna-se notadamente forte quando as instituições científicas se contrastam com outras tradições, onde “cada organização, cada partido, cada grupo religioso tem direito de defender sua forma de vida particular e todos os padrões que contém” (FEYERABEND, 2007, p. 222). Os cientistas racionalistas, no entanto, vão mais longe. Eles se consideram os defensores da Única Religião Verdadeira e que seus padrões são essenciais para chegar a esta verdade e negam autoridade às exigências de outras tradições.

O chauvinismo da ciência é um problema que pode ser criado pelos “cientistas não se darem por satisfeitos em organizar seu próprio cercadinho de acordo com o que consideram ser as regras do método científico, mas quererem universalizar essas regras” (FEYERABEND, 2007, p. 226). Na contramão, Feyerabend cita que os chineses se deram conta disto e restauraram partes importantes de sua herança cultural, o que levou a um aperfeiçoamento da medicina como um todo.

Um dogma racionalista é o de que todas as disciplinas deveriam obedecer às leis da lógica. Conforme escreveu Popper, o que é verdadeiro na Lógica é verdadeiro no método científico e na história da ciência (Popper, 1975). Para Feyerabend, esta asserção dogmática não é nem clara nem verdadeira. Inicialmente, porque não existe uma única disciplina Lógica que subjaz a todos os domínios. Os diferentes sistemas lógicos “apresentam não só diferentes interpretações de um e o mesmo volume de ‘fatos’ lógicos, mas ‘fatos’ inteiramente diferentes” (FEYERABEND, 2007, p. 267).

Em relação ao empreendimento científico, Feyerabend defende que não é útil uma ciência que esteja de acordo com as regras lógicas. Toda teoria científica contém inconsistências, tanto com fatos como com outras teorias. Mais e mais contradições serão percebidas quanto com mais detalhes forem analisadas as teorias. “Apenas uma crença dogmática nos princípios de uma disciplina supostamente uniforme, a ‘Lógica’, nos fará desconsiderar esta situação” (FEYERABEND, 2007, p. 268).

Para o epistemólogo austríaco, é notório que a ciência é cheia de lacunas e contradições, que ignorância, teimosia, preconceito e mentira, além de não impedirem seu avanço, puderam realmente auxiliá-lo. As virtudes tradicionais como exatidão, respeito pelos fatos e ‘honestidade’, se praticadas com determinação, poderiam ter paralisado o progresso da ciência. Os princípios lógicos desempenharam um papel muito pequeno nos procedimentos da ciência, e a tentativa de impô-los a estorvaria seriamente (FEYERABEND, 2011).

Um cientista empenhado em uma pesquisa, por ela ainda estar incompleta, não completou todos os passos que levarão ao resultado final. Desta forma, o desfecho ainda está em aberto. Ele então deve seguir, pergunta Feyerabend (2007, p. 269): o “lógico estéril e ignorante que prega a ele as virtudes da clareza, da consistência, do lastro experimental, solidez do argumento, ‘honestidade’, e assim por diante”, ou ele irá quebrar a maioria das regras impostas pelos lógicos como seus predecessores do mesmo campo? Para o epistemólogo a resposta é claramente a segunda opção .

A confiança de um lógico o leva a entender as ligações entre formas de pensar diferentes como irracionais. Já seus oponentes enxergam a ciência como violando a razão nestes casos, mas para Feyerabend ambos estão falando quimeras. Para o epistemólogo austríaco, as coisas mudam quando se usa a prática científica ou cultural e não a lógica. Neste caso, pode-se entender que os conceitos científicos são ambíguos, eles têm uma potencialidade acima dos usos que os definem aparentemente, e é este aspecto que torna capaz a ligação entre sistemas conceitualmente diferentes (FEYERABEND, 2010).

Neste sentido, pode-se entender como superar a incomensurabilidade de teorias. De acordo com Feyerabend (2007, p. 285), ela desaparece quando se utiliza os conceitos como os cientistas o fazem, “de maneira aberta, ambígua e com frequência antiintuitiva”. Neste entendimento, a incomensurabilidade é um problema para os filósofos da ciência, não para os cientistas.

Alguns racionalistas não têm dúvida que o conhecimento científico é melhor que o de outras tradições. Chega-se a afirmar que opiniões confiáveis são apenas aquelas que se fundamentam no conhecimento científico, que este tipo de tradição é necessário a todas as pessoas, que deva ser preferido imprescindivelmente em relação a outros e chegam a sugerir que estas outras tradições deixem de ser difundidas e defendidas. Já para o epistemólogo austríaco, a ciência não é sacrossanta, tampouco intrinsecamente melhor que outras tradições. O fato de ela existir e ter resultados admiráveis não a torna padrão de excelência. “Os benefícios materiais da ciência não são tão óbvios. Há grandes benefícios, é verdade. Mas eles trazem também grandes desvantagens. E o papel da entidade abstrata ‘ciência’ na produção dos benefícios não é nada claro” (FEYERABEND, 1996, p. 151).

Os racionalistas sugerem que não é necessário aos especialistas científicos examinarem tradições alternativas, pois somente as abordagens científicas podem contribuir para os problemas da ciência. Para Feyerabend (2011, p. 167), esta estratégia é a mesma usada pela Igreja Católica Romana: “eles denunciam ideias incomuns e extraordinárias como superstições pagãs e negam-lhe qualquer direito de contribuir para a Única Verdadeira Religião”.

Quando tradições estão em desenvolvimento, incluindo a científica, elas podem ser vistas como artifícios temporários. Desta postura pode surgir uma filosofia pragmática, onde o participante vê sua tradição como cambiante e, talvez, absurda, mesmo que estas sejam suas ideias mais caras. Os cientistas racionalistas não entendem a ciência como algo que possa ser absurdo e que talvez outras tradições tenham muito a ensinar. “Praticamente nenhuma religião apresentou-se tão-só como algo que valia a pena experimentar. A reivindicação é mais forte: a religião é a verdade, tudo o mais é erro” (FEYERABEND, 2007, p. 294).

Acredita-se que uma tradição é especial em relação a outras, podendo assim atuar sobre as outras, devido a ela própria ser uma tradição diferente das demais. Isto vale para os pregadores de uma religião qualquer ou para a defesa da superioridade científica pelos racionalistas, que vêm à ciência não como uma tradição a mais, mas especial em relação a todas às demais. Este argumento pode ser resumido, de acordo com Feyerabend (2007, p. 294), como a crença de que “a palavra de Deus é poderosa e deve ser obedecida não porque a tradição que a transmite tenha muita força, mas porque ela é exterior a todas as tradições e fornece um modo de aperfeiçoá-las”.

Para o racionalismo, a crença de que algumas exigências são objetivas, e não dependem da situação, desempenha um papel muito importante. Para Feyerabend (2007, p. 294), tal credo “é uma forma secularizada da crença no poder da palavra de Deus”. Razão/prática são vistas por um racionalista como duas agências diferentes e não como duas práticas que são produtos humanos imperfeitos e cambiantes.

Alguns racionalistas sugerem que razão e prática não sejam dois tipos diferentes de entidades, mas partes de um único processo dialético. Eles defendem que a razão sem orientação de uma prática conduzirá ao erro e a prática é aperfeiçoada com o acréscimo da razão. Para Feyerabend, esta sugestão mantém as velhas concepções de agências de espécies diferentes. Mesmo as mais perfeitas regras e os mais perfeitos padrões não são independentes do material sobre o qual agem; são partes integrantes de uma tradição ou prática e não se saberia como usá-los se fosse diferente. A prática, mesmo que desordenada, tem suas regularidades. Logo, para Feyerabend (2007, p. 302), o “que é chamado ‘razão’ e ‘prática’ são, portanto, dois tipos diferentes de prática”.

Para alguns racionalistas, é racional fazer as coisas certas, independente da situação. É racional evitar hipóteses *ad hoc*, eliminar inconsistências, apoiar programas de pesquisa progressistas, matar os inimigos da fé, desprezar os desejos do corpo, e assim por diante. “A racionalidade, a justiça, a Lei Divina são universais, independentes de disposição de ânimo, de contexto, de circunstâncias históricas e dão origem a regras e padrões igualmente universais” (FEYERABEND, 2007, p. 309).

Os padrões se tornam medidas objetivas de excelências quando adotados pelos participantes de uma tradição, tornando-se assim ‘padrões racionais objetivos’. A racionalidade não é árbitro de tradições, sendo ela própria uma tradição. As projeções parecem objetivas porque participantes de uma tradição não a mencionam. Tais projeções são subjetivas, pois dependem da tradição escolhida: diferentes tradições levam a diferentes juízos. A busca do racionalismo por uma autoridade frente a outras tradições demonstra uma desconsideração de que “podemos construir visões de mundo baseadas em uma escolha pessoal e assim unir, para nós mesmos e para nossos amigos, o que fora separado pelo chauvinismo de grupos especiais” (FEYERABEND, 2005, p. 214).

4.5 IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

De acordo com Watanabe et al (2012) existe uma imagem estereotipada, difundida largamente, da ciência como algo produzido por pessoas diferentes e que buscam a verdade. Nesse cenário, os alunos não se identificam como alguém capaz de fazer parte do mundo científico. A falta de interesse dos estudantes pelas aulas de ciência pode ser entendida como a falta de afinidade deles com o esforço científico. Para mudar este quadro é necessário fazer com que os alunos criem laços com o empreendimento científico.

A ciência é vista, em geral, como construída por meio de um método científico, o que garantiria sua validade universal. Nesta concepção, ela seria neutra, independente dos valores sociais e desprovida de pressões institucionais (GIL-PÉREZ et al., 2001). Tal visão de ciência é estendida para os próprios cientistas. De acordo com Haynes (2003), é possível traçar um perfil da visão acerca dos cientistas presente na mídia, cinema e literatura, buscando os principais estereótipos veiculados nas representações sociais. De acordo com este estudo, a imagem estereotipada do cientista inclui: o cientista nobre, herói, que faz uma grande descoberta que poderia salvar as pessoas de um mal que existe; o cientista tolo que pode ser facilmente manipulado e enganado por outros; o investigador desumano, insensível, fanático sobre seu trabalho e; o cientista indefeso, que perde o controle de sua criação.

O pesquisador é visto como um sujeito isolado e sem interesse para os problemas que afetam a vida cotidiana ou socialmente relevante. O cientista vive em um isolamento social. Haynes mostra também uma visão persistente que a sociedade tem do cientista como um pesquisador desumano e que acredita que o conhecimento é bom e que ele foi o responsável pela sua descoberta. Como ressaltam Watanabe et al. (2012), a imagem estereotipada do cientista pode levar os alunos a não se identificarem como alguém capaz de fazer parte do conhecimento científico, pois a ciência é produzida, nesta visão, por "pessoas diferentes" e "capazes de descobrir a verdade".

Segundo Matthews (1995), a educação científica não pode ser separada da filosofia da ciência. Isto porque a concepção de ciência do professor pauta, conscientemente ou não, sua docência. Logo, sempre que se ensina ciência também se passa ideias sobre filosofia da ciência. A imagem da ciência construída nas aulas é oriunda das crenças acerca da natureza da ciência que o professor possui, mesmo que ele não tenha consciência da presença deste caráter epistemológico em sua prática docente.

A imagem da natureza da ciência que orienta a docência de grande parte dos professores é descrita por Gil-Pérez et al. (2001). Segundo estes autores, a maioria dos docentes tem uma visão equivocada da natureza da ciência, que expressa uma imagem ingênua que se afasta do que vem a ser a construção do conhecimento científico. Porém, tal imagem foi ao longo dos anos se consolidando até se tornar um estereótipo socialmente construído. E a própria educação científica reforça tal estereótipo, ativa ou passivamente. É preciso ressaltar que, ao contrário de Gil Pérez, existem autores (MOURA, 2014; MARTINS, 2015) discordam que haja uma visão concensual acerca da Natureza da Ciência a ser levada para a educação científica.

Para procurar se distanciar deste cenário, buscam-se aqui sugestões à luz da epistemologia relativística de Feyerabend para a educação científica, que estejam em consonância com as propostas de Postman e de Moreira para uma escolarização útil para formar cidadãos no século XXI. A discussão da coerência e complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend fugiria do escopo deste artigo. No entanto, Damasio e Peduzzi (2015b) contextualizam esta questão e aprofundam os motivos que respaldam a escolha do aporte epistemológico relativístico dentro da proposta de uma aprendizagem significativa crítica. Ainda, procuram mostrar como tal proposta é inconsistente com a educação científica pautada por visões racionalista de ciência, além de investigar como a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica se originou nas ideias de Ausubel e Postman.

De acordo com Feyerabend, a educação geral seria mais útil e faria mais sentido se deixasse de ter como meta a doutrina racionalista. Um grande problema da educação científica racionalista é o contexto gerado quando ela é bem sucedida. Isto levaria a uma sociedade baseada em um conjunto de regras bem definidas, além de restritivas. Neste cenário, o “ser humano torna-se sinônimo de obedecer essas regras, força o dissidente a uma terra de ninguém sem regras nenhuma e despoja-o assim de sua razão e de sua humanidade” (FEYERABEND, 2007, p. 225).

Quando a ciência é vista como um empreendimento livre feito por seres humanos falíveis, o cidadão se sente mais a vontade para participar dela. Esta ciência concebida como parte da tradição cultural e não como uma tradição especial, é muito mais próxima ao estudante. Com esta aproximação existe uma possibilidade muito maior de cooperação entre o aluno e o empreendimento científico. A democratização da ciência, para Feyerabend (2007, p. 21) é:

[...] a melhor educação científica que o público pode obter – uma democratização completa da ciência não está em conflito com a ciência, está em conflito com uma filosofia, com frequência denominada ‘racionalismo’, que usa uma imagem congelada da ciência para aterrorizar as pessoas não familiarizadas com a sua prática.

Deve-se evitar, segundo Feyerabend, que na educação geral os padrões especiais que definem assuntos especiais e profissões especiais sejam definidores do que se acredita ser uma pessoa bem-educada. A mudança nesta perspectiva de educação “deixa claro que há muitas maneiras de ordenar o mundo que nos cerca, que as restrições odiadas de um conjunto de padrões podem ser quebradas pela livre aceitação de padrões de espécies diferentes” (FEYERABEND, 2007, p. 225).

Um debate racional é um caso especial do que Feyerabend chama de troca guiada, que se contrapõe ao que ele chama de troca aberta. No primeiro caso, os participantes adotam uma tradição bem especificada e aceitam respostas de acordo com os seus padrões. Os que ainda não adotaram tal tradição são persuadidos, educados até que o façam, para então a troca começar. A educação é separada de debates decisivos, ela ocorre antes desses debates e assegura que os adultos se comportem de modo apropriado. Os racionalistas, normalmente, não tomam a sério participantes em um debate até que tenham adotada sua tradição, ou seja, “uma sociedade baseada na racionalidade não é inteiramente livre; tem que se jogar o jogo dos intelectuais” (FEYERABEND, 2007, p. 306).

A troca aberta é conduzida pelo que Feyerabend chama de filosofia pragmática: todos os participantes são respeitados e estabelecem-se ligações entre tradições diferentes. Logo, a educação deve ser um meio para se chegar a uma sociedade livre, que só ocorrerá se todas as tradições tiverem acesso igual a todas as posições de poder, como a própria educação. Uma sociedade livre não pode ser alicerçada em nenhum credo particular, “não pode ser baseada no racionalismo ou em considerações humanitárias” (FEYERABEND, 2007, p. 307). Feyerabend defende que uma sociedade livre não será imposta, mas surgirá quando as pessoas estiverem engajadas em uma troca aberta.

As sugestões de Feyerabend para a educação científica estão em consonância com as de Postman (1994) e de Moreira (2005). O educador estadunidense sugere que todas as disciplinas sejam ensinadas

com sua história. Desta forma, podem-se formar indivíduos que compreendem que o conhecimento não é uma coisa fixa, mas um estágio de desenvolvimento humano, com passado, presente e futuro. No entanto, ele reconhece as dificuldades da proposta, como a falta de materiais instrucionais e formação adequada de professores.

Especificamente em relação à educação científica, Postman faz reflexões adicionais. Ele considera que “o empreendimento científico é um dos nossos feitos mais gloriosos” (POSTMAN, 1994, p. 198). Ele ressalta que além de ensinar ciência por meio de sua história, seria muito proveitoso também ensinar sua filosofia. Isto poderia mostrar que a ciência é um exercício de imaginação humana e algo bem diferente da tecnologia que dela decorre. Discutir explicitamente a filosofia da ciência é sair da corrente principal da educação científica, segundo Postman.

Na abordagem de filosofia da ciência sugerida por Postman haveria considerações sobre: a linguagem da ciência, a natureza da prova científica, o papel das hipóteses, da imaginação e dos experimentos, e em especial, o valor do erro. O que o autor pretende com esta proposta é construir um ambiente em “que a ciência não é farmácia ou tecnologia ou truques de mágica, mas sim uma maneira especial de empregar a inteligência humana” (POSTMAN, 1994, p. 199).

Ao procurar discutir sobre a finalidade primordial para a educação, Postman (2002) sugere que a escola deve compartilhar narrativas como uma razão inspiradora para a escolarização. Uma das alternativas vislumbradas pelo autor, que pode oferecer senso de continuidade, explicações do passado, clareza para o presente e esperança para o futuro é o que ele chamou de *O anjo decaído*. Segundo ele, a ciência está mais comprometida com a crônica do anjo decaído que qualquer outro sistema de crença.

Esta narrativa proposta por Postman emprega uma metáfora religiosa. Segundo ele, as narrativas mais importantes estão enraizadas em uma ideia espiritual ou metafísica, incluindo as ciências naturais. A crônica desta narrativa é acreditar que se há perfeição, ela deve ser encontrada em alguma parte, e presume-se que exista em Deus ou nos deuses. O tema principal da narrativa sugerida por Postman é que os seres humanos cometem erros e devem corrigi-los para fazer avançar o conhecimento, este é o significado da queda do anjo.

Segundo Postman, o exemplo mais requintado de como a narrativa da correção dos erros pode formar melhores cidadãos é a ciência natural. Para o autor, tanto na mentalidade popular como na

escola, a ciência e entendida como uma fonte de verdade suprema. “Tal crença é, em si, um exemplo do pecado do orgulho, e nenhum cientista que se respeita admitirá sustentá-la” (POSTMAN, 2002, p. 70). Para o autor, um dos grandes mistérios da educação é como se pode explicar a busca pela certeza que se converte rapidamente em um dogmatismo indecoroso, injustificado e não raro letal. Logo, associar a construção do conhecimento a uma atividade em que inerentemente se comete erros e que se procura corrigi-los permite afastar a educação científica da busca da certeza e da autoridade absoluta.

Uma segunda narrativa sugerida por Postman é *A lei da diversidade*. Sob um ponto de vista prático, pode-se perceber como a uniformidade é inimiga da vitalidade e da criatividade. A estagnação ocorre a partir do momento em que nada diferente e novo vem de fora do sistema – Postman utiliza o exemplo dos idiomas, em especial o latim, para fortalecer seu argumento. Para o autor, “sempre que uma língua ou uma forma de arte se fixa no tempo e se torna impermeável, valendo-se somente de seus próprios recursos, é punida” (Postman, 2002, p. 80).

Para Postman, quando a diferença é tolerada o resultado é um crescimento e vigor. Logo, a uniformidade é inimiga da vitalidade e da excelência; onde ela é praticada não é possível produzir padrão algum de excelência. A diversidade, inclusive, enriquece o senso de excelência ao entender que ser diferente não significa deixar de ter excelência. A sugestão da narrativa da Lei da diversidade é demonstrar como a criatividade e vitalidade da espécie humana depende da diversidade e como se estabelecem os padrões a que as pessoas aderem. “Assim, a lei da diversidade faz de todos nós humanos inteligentes” (POSTMAN, 2002, p. 82).

Postman ainda sugere, juntamente com Weingartner (1978), o ensino como atividade subversiva. Eles enumeram uma série de conceitos fora de foco que a escola ensina, tais como: o de verdade absoluta, fixa e imutável, o de certeza, o de entidade isolada, o de casualidade simples, única e mecânica e o de que o conhecimento é transmitido. De acordo com estes autores, é difícil imaginar um tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro em transformação que esta que promove os conceitos fora de foco.

Quarenta anos depois da publicação dessas ideias, a educação continua a promover os conceitos batizados por Postman e Weingartner de fora de foco. O discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o ‘aprender a aprender’ que levará os alunos a melhor lidar com as mudanças rápidas e drásticas dos dias de

hoje. A escola ainda incorporou outros conceitos que também poderiam ser batizados de fora de foco, tais como: o de idolatria tecnológica, o de informação como algo necessário e bom e o de consumidor cômico de seus direitos. Além de transmitir a ilusão da certeza, a escola procura preparar o aluno para a sociedade de consumo, para o mercado e para a globalização: tudo fora de foco (MOREIRA, 2005).

Postman e Weingartner (1978), ao sugerirem o ensino subversivo, identificam como a velha educação aquela em que os estudantes ficam sentados, calados, passivos e aceitam sem discussão tudo que lhes apresentam. Esta velha educação, para os autores, levaria a formação de pessoas dependentes de autoridade; ela não ensina muita coisa proveitosa para a sobrevivência na sociedade contemporânea e a falta de finalidade para esta instituição escolar pode levar inclusive ao seu fim.

Para Postman e Weingartner, o sistema educacional ainda não reconheceu que a mudança constante e cada vez mais acelerada é a característica do mundo contemporâneo. O tipo de pessoa, necessária neste cenário, e que seria cultivada pelo ensino subversivo, é aquela capaz de formar uma nova perspectiva e novos significados. Estes auxiliariam a compreender que uma parte de suas crenças mais arraigadas pode não estar tão bem fundamentada como supunha e que outros pontos de vista podem ser úteis.

A escola seria mais proveitosa se fosse subversiva, onde sua finalidade seria subverter atitudes, crenças, pressupostos que fomentam a esterilidade. A escola na prática é outra, a que se conhece é aquela que pouco ou nada faz para encorajar jovens a inquirir, duvidar ou contestar qualquer setor da sociedade em que vivem. A escola deveria servir como meio principal para o desenvolvimento nos jovens de atitudes de aptidão de crítica social, política e cultural. Isto se constituiria em um instrumento subversivo que permite a uma pessoa fazer parte da sua própria cultura e ao mesmo tempo situar-se longe dela.

O ensino subversivo, assim como toda a obra de Postman, inspirou Moreira a propor a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica no início dos anos 2000. A Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta originalmente por Ausubel na década de 1960, ressalta a relevância da interação entre o novo conhecimento e o já presente na estrutura cognitiva do aprendiz. Este tipo de aprendizagem é não arbitrária e não literal; o novo conhecimento recebe significado de quem aprende. O conhecimento prévio fica mais rico, diferenciado, elaborado e, principalmente, mais estável.

Moreira (2012) ressalta que na sociedade contemporânea, que é marcada por mudanças rápidas e drásticas, a aprendizagem não deve ser

só significativa, mas também subversiva. Tal aprendizagem pode ser encarada como uma estratégia para fomentar a adaptação necessária para o cidadão na sociedade atual. O autor entende como aprendizagem significativa crítica a perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Por meio desta aprendizagem, o aluno pode fazer parte de seus costumes e, no entanto, não ser subjugado por seus ritos, mitos e ideologias.

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica não é uma proposta didática. O próprio autor a entende como uma sugestão, baseada em uma série de princípios facilitadores, que visam construir um ambiente em que possa se construir este tipo de aprendizagem. Esses princípios, quando tomados em conjunto, podem ser entendidos como um referencial para o ensino como atividade subversiva, que, segundo Moreira, só existirá se implicar em aprendizagem significativa crítica.

As narrativas sugeridas por Postman, oriundas da sugestão do ensino como atividade subversiva e os princípios da aprendizagem significativa crítica estão em consonância com a visão relativística da ciência de Feyerabend. Além disso, as ideias de Feyerabend são coerentes e complementares à teoria de Moreira (DAMASIO e PEDUZZI, 2015b). Ambos imaginam uma educação científica longe das amarras racionalistas e da busca pela verdade, valorizam a diversidade cultural e questionam qualquer padrão absoluto de certeza e excelência. As pessoas oriundas de uma educação científica, segundo a proposta destes autores, estariam mais bem preparadas para viver em uma sociedade em constantes e drásticas mudanças socioculturais.

Essas considerações enfatizam que uma abordagem de história e filosofia da ciência crítica a visões racionalistas (no sentido de Feyerabend) pode fomentar um ambiente de ensino subversivo. Neste caso, a epistemologia de Feyerabend se mostra potencialmente útil para uma educação científica voltada para formar cidadãos preparados para viver no século XXI, dentro da perspectiva da aprendizagem significativa crítica sugerida por Moreira.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na sociedade atual é dado aos cientistas e a sua ciência um *status* especial. Em outros tempos, segundo Feyerabend (2007), tal *status* era dos carrascos em épocas de desordem social, ou de sacerdotes quando ser um cidadão era o mesmo que ser o membro de uma Igreja Universal Única. Porém, para procurar entender o caráter privilegiado da ciência

na contemporaneidade é preciso levantar algumas questões, tais como: O que é ciência? O que há de tal formidável a respeito da ciência?

A resposta à primeira questão causa divergência entre escolas, períodos históricos e indivíduos. É extremamente difícil identificar princípios abrangentes, quer de método ou de fato. “A palavra ‘ciência’ talvez seja uma única palavra – mas não há uma entidade única que corresponda a esta palavra” (FEYERABEND, 2007, p. 319).

Cientistas procedem de muitas maneiras. As regras e padrões não são obedecidos ou não funcionam e resultados importantes surgem da convergência de tendências separadas e por vezes conflitantes. “A ideia de que ‘o conhecimento científico é, de algum modo, especialmente positivo e isento de diferenças de opinião não passa de uma quimera” (FEYERABEND, 2007, p. 324). Os racionalistas, quando defrontados com a complexidade do empreendimento científico, ainda reafirmam que mesmo assim a ciência é racional. Eles estão usando este termo, racional, como um nome comum para uma ampla variedade de procedimentos ou descrevendo um aspecto geral encontrado em cada ação científica.

Entre as várias medidas da qualidade científica atribuídas pelos racionalistas está à popularidade. O público em geral acredita ter familiaridade com alguns de seus resultados e tem a crença de que eles são importantes. A ciência é socialmente aceita, desta forma, como tendo grande excelência. No entanto, quem goza de grande popularidade com o público não são as ciências, mas um monstro mítico que se dá o nome de ciência. Tal popularidade é alcançada ao convencer o público que as realizações, as quais ele lê e lhe são mostradas, como produtos do empreendimento científico, provêm de uma única fonte, que são produzidos por meio de um procedimento uniforme. Também as vantagens práticas da ciência não são tão claras. Às vezes ela funciona, às vezes não. “O fato de uma abordagem ser científica de acordo com algum critério claramente formulado, portanto, não é garantia de que vá ter êxito” (FEYERABEND, 2007, p. 330).

Outro mito contado é que o ‘empreendimento científico’ é uma aventura intelectual livre. Mas atitudes como o medo da espionagem industrial, o desejo de superar competidores no caminho do Nobel ou prêmio equivalente, distribuição desigual de fundos colocam restrição aos sonhadores que insistem em entender a ciência como um empreendimento livre. Mesmo sendo limitada, a visão científica uniforme pode ser útil para as pessoas que estão fazendo ciência. Desta forma, eles podem proceder sem amarras com uma bandeira, que embora apresente um único padrão, faz com que se façam coisas muito

diferentes. No entanto, é um desastre para os que veem a ciência de fora (os filósofos), “sugere a eles comprometimento religioso da mentalidade mais estreita e encoraja uma estreiteza de mentalidade por parte deles” (FEYERABEND, 2007, p. 335).

Não há um empreendimento uniforme denominado ciência. Outras tradições têm muito a ensinar. Nenhuma área pode ser entendida como unificada e perfeita. A ciência, então, é muito mais complexa e multifacetária que até o mais astuto metodólogo poderia imaginar. A visão racionalista de ciência, no entanto, simplifica seus atores, define um campo de pesquisa com regras universais independentes do contexto, este campo recebe uma lógica própria para encontrar ordem e torna as ações mais uniformes.

Neste artigo não se pretendeu negar a racionalidade, tampouco censurar sua utilização na educação científica. O que se procurou defender é o ponto de vista que uma educação científica, alinhada com a visão racionalista que usa argumentos que tem paralelos com os de defensores religiosos, pode ser questionada quanto a sua real eficácia para formar cidadãos no século XXI, segundo a perspectiva da aprendizagem significativa crítica. Este entendimento começa a encontrar suporte em certos trabalhos na literatura (DAMASIO e PEDUZZI, 2015ab). No entanto, ainda carecem de trabalhos empíricos orientados por esta perspectiva, que procurem didatizar essas concepções. Por fim, o trabalho sustenta que a visão relativística de ciência de Feyerabend pode contribuir para a educação científica sob a perspectiva de um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica. Ponto de vista baseado no entendimento de que a visão relativística de Feyerabend se afasta do cientismo caracterizado por Postman – entendido por este autor como grande mal da sociedade contemporânea. A contribuição da articulação destes aportes pode auxiliar na formação de indivíduos capazes de viver em uma sociedade marcada por mudanças socioculturais rápidas e drásticas, como as vigentes.

Referências bibliográficas

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polemicas da epistemologia de Paul

Feyerabend na formação de professores. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 20, n. 1, 2015a.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica no ensino de história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 20, n. 3, 2015b.

FEYERABEND, P. K. **How to Defend Society against Science**. Introductory Readings in the Philosophy of Science - 3rd Edition. Klemke, H. et.al. (Eds.): p. 54-65, 1998.

_____. **Matando o tempo**. São Paulo: Editora da UNESP, 1996.

_____. **A conquista da abundância**. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2005.

_____. **Contra o método**. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

_____. **Adeus à razão**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

_____. **A ciência para uma sociedade livre**. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

GIL-PÉREZ, D. *et. al.*, Para uma Imagem não Deformada do Trabalho Científico. **Ciência e Educação**, v. 17, p. 125-153, 2001.

HAYNES, R., From alchemy to artificial intelligence: stereotypes of the scientists in Western literature. **Public Understanding of Science**, v. 12, p. 243-253, 2003.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M. A. La teoria da aprendizagem significativo crítico: um referente para organizar la enseñanza contemporánea. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, n. 31, p. 9-20, 2012.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MURRAY, J.A.H. et al. **A new English dictionary on historical principles; founded mainly on the materials collected by the Philological Society.** Oxford: at the Clarendon Press, 1884.

POSTMAN, N. **Tecnopólio – a rendição da cultura à tecnologia.** São Paulo: Nobel, 1994.

_____ **O fim da educação – redefinindo o valor da escola.** Rio de Janeiro: Graphia, 2002.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Contestação – nova fórmula de ensino.** Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1978.

POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo.** Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1975.

TERRA, P.S. O ensino de ciências e o professor anarquista epistemológico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 208-218, 2002.

THEOCHARIS, T.; PSIMOPOULOS, M. Where science has gone wrong. **Nature**, v. 329, n. 6140, p. 595-598, 1987.

WATANABE, G. *et al.* The students' view about what it is a scientist. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v. 6, n. 1, p. 359-363, 2012.

Capítulo 5

A COERÊNCIA E COMPLEMENTARIDADE ENTRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E A EPISTEMOLOGIA DE PAUL FEYERABEND

5 A COERÊNCIA E COMPLEMENTARIDADE ENTRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E A EPISTEMOLOGIA DE PAUL FEYERABEND²¹

5.1 INTRODUÇÃO

A teoria da aprendizagem significativa crítica é fruto de duas grandes influências sobre seu autor, Marco Antonio Moreira: a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a obra do educador estadunidense Neil Postman (MOREIRA, 2012). A aprendizagem significativa, proposta originalmente por Ausubel na década de 1960, é caracterizada pela interação entre o novo conhecimento e o já presente na estrutura cognitiva de quem aprende. Tal aprendizagem é não arbitrária e não literal e o novo conhecimento recebe significado no aprendiz. O conhecimento prévio fica mais rico, diferenciado, elaborado e, principalmente, mais estável (MASINI e MOREIRA, 2008).

Moreira ressalta que a contemporaneidade é caracterizada por ser um tempo de mudanças rápidas e drásticas. E neste contexto, a aprendizagem não deve ser só significativa, mas também subversiva. Este tipo de aprendizagem pode ser entendido como uma estratégia para a sobrevivência necessária na sociedade atual. Ao estudar os trabalhos de Postman, Moreira o concebeu como referencial para propor uma educação para além do ensino subversivo sugerido pelo autor estadunidense, voltada para a aprendizagem significativa crítica – o autor optou por substituir a palavra subversiva para evitar conotações políticas. O autor entende como aprendizagem significativa crítica à perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Por meio desta aprendizagem, o aluno pode fazer parte de seus costumes e, no entanto, não ser subjugado por seus ritos, mitos e ideologias. É mediante essa aprendizagem que o aluno poderá lidar construtivamente com a mudança, sem se deixar ser dominado por ela, manejando a informação sem se sentir impotente perante sua grande disponibilidade e velocidade. Também ajudará a usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo (Moreira, 2005).

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica não é uma proposta didática, mas uma sugestão de uma série de princípios facilitadores para se construir um ambiente em que possa se construir este tipo de aprendizagem. Alguns deles têm implicações diretas na

²¹ Publicado em *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 3.

organização escolar e outros são de natureza epistemológica. Estes princípios, quando tomados em conjunto, podem ser concebidos como referencial para o ensino como atividade subversiva, que segundo Moreira só existirá se resultar em aprendizagem significativa crítica (op. cit.).

Todos os princípios foram pensados como sendo viáveis em sala de aula e, ao mesmo tempo, sendo críticos em relação ao que ocorre tradicionalmente nos ambientes de ensino. Eles são onze: 1) *Princípio do conhecimento prévio*, 2) *Princípio da interação social e do questionamento* por meio do ensinar/aprender *perguntas ao invés de respostas*, 3) *Princípio da não centralidade do livro de texto*, 4) *Princípio do aprendiz como perceptor/representador*, 5) *Princípio do conhecimento como linguagem*, 6) *Princípio da consciência semântica*, 7) *Princípio da aprendizagem pelo erro*, 8) *Princípio da desaprendizagem*, 9) *Princípio da incerteza do conhecimento*, 10) *Princípio da diversidade de estratégias de ensino* e 11) *Princípio do abandono da narrativa*.

Uma educação científica voltada unicamente para a resolução de problemas típicos, caracteriza-se por um perfil dogmático, fechado e ahistórico, disseminando concepções problemáticas do fazer e do conhecimento científico (FERNÁNDEZ et al., 2002). Pesquisadores têm defendido que a educação científica deve contemplar conteúdos *sobre* ciência de modo a contribuir para o desenvolvimento de competências necessárias à formação do cidadão do século XXI. Isso não significa negligenciar a educação *em* ciências, mas agregar novos conteúdos na busca de uma educação *em, sobre e pela* ciência (FORATO et al., 2011).

Neste trabalho sustenta-se que a aprendizagem significativa crítica em ciências é viável na escola como ela existe hoje, sem necessidade de grandes mudanças estruturais. Efetivamente, a educação científica pode e deve proporcionar subsídios relevantes para o aluno desenvolver uma cidadania mais consciente e atuante ao favorecer uma melhor compreensão sobre a natureza da ciência e sobre a construção do conhecimento científico. Por certo, qualquer abordagem histórica da ciência tem uma orientação epistemológica, e esta deve estar devidamente articulada com o referencial educacional, em uma situação de ensino.

Nem sempre a abordagem de História da Ciência pode ajudar a promover um ambiente em que se possa construir a aprendizagem significativa crítica. Para tanto, certos cuidados devem ser tomados. Visões racionalistas de ciência, se disseminadas na educação científica podem ajudar a aprendizagem em ciência a continuar a ser mecânica em

alguns casos, significativa em poucos outros, mas nunca crítica. Em contrapartida, visões de ciência relativistas, como a de Paul Feyerabend, são coerentes e complementares com o objetivo de uma educação que visa formar pessoas inquisitivas, flexíveis, criativas, inovadoras, tolerantes e liberais. Ou seja, visões epistemológicas relativistas são viáveis para um ensino subversivo que procure construir uma aprendizagem significativa crítica. Neste trabalho procura-se mostrar que a visão relativista de Paul Feyerabend é compatível com os pressupostos da teoria da aprendizagem significativa crítica e também complementar a ela.

5.2 EDUCAÇÃO PARA A SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

Moreira (2005) ressalta que a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica foi não apenas influenciada, mas inspirada em ideias e percepções da obra de Postman. Neste cenário, para um melhor entendimento dos princípios de sua teoria, faz-se necessário uma discussão sobre as questões levantadas por Postman. Tal abordagem se justifica pela obra deste autor não ser muito discutida na literatura em português.

Neil Postman (1931-2003) foi considerado um dos melhores analistas das relações entre educação e tecnologia do século XX. Escreveu cerca de duas dezenas de livros sobre educação, tecnologia e a relação entre as duas. Uma delas, que inclusive ajudou a dar nome a teoria de Moreira, é a *Teaching as a subversive activity* – traduzida em português como *Contestação, nova fórmula de ensino* (POSTMAN e WEINGARTNER, 1978). Não obstante ter sido publicada a mais de quarenta anos, em um cenário em que a viagem do homem à Lua e a chamada Era Nuclear simbolizavam as grandes mudanças, Moreira destaca que hoje estas transformações podem parecer até pequenas dentro do contexto das primeiras décadas do século XXI. Apesar de, por vezes, os discursos de pesquisadores e educadores terem mudado nestes anos, a escola continua a não fomentar o processo de “aprender a aprender”, que possibilitará às pessoas enfrentarem as mudanças de maneira frutífera (MOREIRA, 2012). Logo, as críticas e reflexões de *Teaching as a subversive activity* são ainda atuais e úteis para uma educação que visa preparar as pessoas para sobreviver¹ na contemporaneidade do início do século XXI.

Postman e Weingartner (1978) sugerem o que chamam de uma nova educação, identificando como a velha educação aquela em que os

estudantes ficam sentados, calados, passivos ao aceitarem sem discussão a tudo que lhes apresentam. A velha educação, para os autores, levaria à formação de pessoas dependentes de autoridade; ela não ensina muita coisa proveitosa para a sobrevivência na sociedade contemporânea. A falta de finalidade para a instituição escolar pode levar inclusive ao fim da escola. A nova educação proposta é aquela pensada para ajudar a formar pessoas preparadas para a mudança, como as que os cidadãos contemporâneos enfrentam diariamente. Tal tarefa não está além da capacidade formativa da escola, segundo Postman e Weingartner.

A tese principal dos autores é de que a mudança constante e cada vez mais acelerada é a característica do mundo contemporâneo e o sistema educacional ainda não reconheceu isto. O tipo de pessoa que seria cultivada na nova educação é aquela capaz de formar uma nova perspectiva, novos significados que auxiliem a compreender que uma parte de suas crenças mais arraigadas pode não estar tão bem fundamentada como suponha. Também, que pontos de vista diferentes podem ser úteis na compreensão e interpretação do mundo em que se vive.

A nova escola seria mais proveitosa se fosse subversiva. Sua finalidade seria subverter atitudes, crenças, pressupostos que fomentam a esterilidade. A escola na prática é outra, pois pouco ou nada faz para encorajar jovens a inquirir, duvidar ou contestar qualquer setor da sociedade em que vivem. A escola deveria servir como meio principal para o desenvolvimento nos jovens de atitudes de aptidão de crítica social, política e cultural. Isto se constituiria em um instrumento subversivo que permite a uma pessoa fazer parte da sua própria cultura e ao mesmo tempo situar-se longe dela.

A tese principal de Postman e Weingartner parece ter influenciado a própria definição de aprendizagem significativa crítica. A contribuição da teoria de Moreira é a de que, na sociedade atual, a nova educação proposta por meio do ensino subversivo só se constituirá deste modo quando resultar em uma aprendizagem significativa crítica. Este é o núcleo duro da teoria que se formou com a articulação da tese principal de Postman e Weingartner e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Da colaboração entre estas obras decorre diretamente o primeiro princípio da teoria, *princípio do conhecimento prévio*, pois para Ausubel “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe” (AUSUBEL et al., 1978, p. iv). O princípio traz a consciência que para ser crítico de algum conhecimento, primeiro o sujeito deve tê-lo aprendido significativamente. Ou seja, o tipo de

aprendizagem sugerido por Moreira é um processo posterior ao da aprendizagem significativa de Ausubel, não invalidando ou reestruturando tal proposta. Apenas complementa-a para uma sociedade diferente daquela na qual a Teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta na década de 1960.

A fim de entender o segundo princípio, o *da interação social e do questionamento por meio do ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas*, é preciso avançar na nova educação proposta por Postman e Weingartner. Segundo estes autores, o conhecimento é movido por perguntas e um novo conhecimento provém da formulação de novas perguntas. Uma grande contribuição da educação será a de que, uma vez que se tenha aprendido a fazer perguntas, substanciais, relevantes e apropriadas, se terá como possível consequência o aprendizado do processo de aprender. Desta forma, as pessoas não poderão ser impedidas de aprender sobre aquilo que lhes interessar ou que necessitar. A arte de fazer perguntas, no entanto, não é ensinada na escola, e pior, é desencorajada.

Para esta nova educação, Postman e Weingartner sugerem o que chamam de método de inquérito. Ele torna o programa atual obsoleto, pois os estudantes gerariam seus próprios enredos ao desenvolver sua própria aprendizagem. A diferença entre a velha escola e o ambiente de inquérito é que a primeira afirma que aprendizagem significa informar ao aluno, já o segundo salienta que a aprendizagem é um acontecimento em si. A finalidade deste método é ajudar as pessoas a aumentar sua capacidade como aprendizes.

O ensino tradicional dá respostas prontas aos estudantes. Para Postman e Weingartner, no entanto, os bons aprendizes devem confiar em seu próprio raciocínio e discernimento, suspeitar das autoridades, sobretudo naquelas que desencorajam as pessoas a confiarem em seu próprio raciocínio. Os bons aprendizes compreendem que as respostas são relativas e que tudo depende do sistema dentro do qual está se atuando: o que é verdadeiro para um sistema pode não o ser em outro. Também, que não há uma resposta absoluta, final e irrevogável para todo e qualquer problema. Sabem fazer perguntas pertinentes e significativas, usam definições e metáforas como instrumentos e empenham-se continuamente em verificar aquilo em que acreditam.

Quando existe este tipo de ambiente de inquérito, perguntas muitas vezes vinculadas a respostas automáticas ganham outro sentido. Por exemplo: a pergunta “Quem descobriu o oxigênio?”, no ambiente tradicional de ensino deve ser respondida de forma única, correta e certa. Já no ambiente de inquérito ela é entendida como uma pergunta

ambígua. Ela pode ser reescrita da seguinte forma: “De acordo com a Enciclopédia Britânica, quem descobriu o oxigênio?”. A ambiguidade ficará ainda mais clara em perguntas do tipo: “Quem descobriu a América?” ou “Quem foi o responsável pela derrota dos nazistas na II Guerra Mundial?”. A razão principal para a escolha do método de inquérito, segundo os autores, é que o ensino por meio de perguntas leva diretamente à sondagem da relação entre as matérias. Isto permite o desenvolvimento de uma visão original dos conhecimentos em detrimento à visão tradicional segmentada. Esta diferença entre a percepção dos conhecimentos como processo orientado ou estático é a diferença crucial entre os ambientes de inquérito e da escola tradicional, respectivamente.

Questões relacionadas ao terceiro princípio da teoria de Moreria, *o da não centralidade do livro de texto*, são abordadas por Postman em *End of education: redefining the value of school* – em português, *O fim da educação, redefinindo o valor da escola* (POSTMAN, 2002). A proposta do autor norte-americano é mais radical que a de Moreira. O princípio da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica sugere que se utilize uma diversidade de materiais instrucionais, que incluem o livro de texto. Moreira não sugere banir estes livros da escola. Em contraste, a proposta original de Postman decorre do autor acreditar que uma ação pode melhorar a qualidade do ensino da noite para o dia: livrar-se de todos os manuais. Postman afirma que a quase totalidade dos livros de texto são mal escritos e dão a “impressão que a matéria é enfadonha” (POSTMAN, 2002, p. 114). Estas obras normalmente são escritas impessoalmente, sem voz e não revelam uma personalidade humana. O relacionamento com o leitor é parecido com o de uma secretária eletrônica, segundo Postman. A situação mais grave, conforme o autor, é que os manuais se empenham em apresentar os fatos como não sendo passíveis de contestação, como se eles fossem fixos e imutáveis. E o que ele acredita ser ainda pior: eles não indicam qual a origem dos fatos, como eles foram produzidos.

Outro grande desserviço dos livros de texto, para Postman, é que eles não apresentam nenhuma possibilidade de fragilidade ou ambiguidade no julgamento humano – nenhuma sugestão de possibilidades de erros. “O conhecimento humano é apresentado como uma mercadoria a ser adquirida, nunca como uma luta para compreender, para superar a falsidade, para buscar aos tropeções a verdade” (POSTMAN, 2002, p. 115). Devido às características apresentadas pelo autor, ele considera que os livros de texto são inimigos da educação. Eles se constituem em instrumentos para

promover o dogmatismo e a aprendizagem mecânica. Servem para poupar os professores de importunos, mas o que inpedem às mentes dos estudantes é “uma peste e uma maldição”.

Discussões relacionadas ao quarto princípio, *o do aprendiz como perceptor/representador*, podem ser encontrada em *Teaching as a subversive activity*. Os autores, nesta obra, tecem críticas ao ensino tradicional por este vincular sua finalidade ao de ajudar os estudantes a obterem compreensão de uma estrutura em uma matéria específica ou assunto específico. Esse fim, se alcançado, levaria à compreensão de que as matérias e assuntos são sistemas fechados de dados finitos, fixos e estruturados, ou seja, a matéria ou assunto é dado, está aí para ser captado. Postman e Weingartner discordam de tal fim para o ensino porque, segundo eles, a estrutura de alguma coisa é sempre produto dos processos cognitivos do estruturador – o indivíduo que percebe e aprende. Em outras palavras, não se obtém significações do meio ambiente, atribui-se significado a ele.

Esse entendimento de que é o sujeito que atribui significado não implica afirmar que não há nada além dele. O argumento é de que o significado daquilo que está fora do sujeito é atribuído por ele. Logo, defender que a tarefa da educação é ensinar uma estrutura de uma matéria ou conhecimento é o mesmo que dizer que se quer fazer com que os alunos percebam os objetos e as relações entre eles da mesma maneira como as autoridades o fazem. Isto limita os estudantes à orientação de ver unicamente as coisas como alguns prévios preceptores viram. Se os professores atuarem considerando seus alunos autores de significados em vez de receptores de conteúdo, eles propiciarão um ambiente escolar centrado no estudante. Atualmente, as escolas atuam como se o conhecimento estivesse fora do aprendiz; mas o conhecimento é aquilo que se sabe depois que se aprendeu – é uma consequência da percepção do aluno. Ele é tão subjetivo e ímpar quanto qualquer outra percepção.

O entendimento da formação individual de significações coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem. Torna possível e aceitável a pluralidade de significações, pois não existe um significado imposto a todos. Também, ajuda os alunos a ampliarem e aperfeiçoarem suas capacidades individuais e singulares de formação de significados. Esta é a base do processo de aprender a aprender, como enfrentar as mudanças que exigem a formação de novas significações. Isto quer dizer, entre outras coisas, que ninguém pode estar absolutamente certo de coisa alguma; o melhor é explicar como alguma coisa parece ser,

confirmações absolutas não fazem sentido. Não existe tal coisa que se possa chamar de objetividade, apenas há vários graus de subjetividade.

O quinto e sexto princípios, o *do conhecimento como linguagem* e o *da consciência semântica*, têm abordagens relacionadas que podem ser encontrados em *Teaching as a subversive activity*. Na nova educação pensada por Postman e Weingartner, a linguagem assume uma importância maior que na educação tradicional. Na proposta dos autores, eles compreendem que quase tudo aquilo que se chama de conhecimento é linguagem. Logo, a chave para entender um assunto é dominar sua linguagem. Moreira argumenta que aprender uma linguagem implica novas possibilidades de percepção, pois aprendendo uma nova linguagem aprende-se a falar e ler diferentemente o mundo. A tão propalada ciência é uma extensão, um refinamento da habilidade da percepção humana. Logo, aprender significativamente de maneira crítica é perceber que uma nova linguagem é uma nova maneira de ver o mundo.

Para Postman e Weingartner, na educação tradicional é ensinado que a linguagem expressa o pensamento, ela reflete o que se entende. Porém, esta crença parece inadequada e simplista para os autores, pois o processo de linguagem está totalmente envolvido em toda e qualquer tentativa de avaliação da realidade,; não se obtém significações das coisas, atribui-se tais significações. “Seja o que for que existe aí fora, não é coisa alguma enquanto não fizermos disso alguma coisa e, depois, é aquilo que decidimos que tem que ser” (POSTMAN e WEINGARTNER, 1978, p. 117). A maior parte desta atividade é o de dar nomes às coisas. Todo professor, pois, é um professor de linguagem. Ela é o principal fator de produção das nossas percepções, nossos juízos, nossos conhecimentos e instituições. A nova educação é centrada no aluno, na pergunta, mas também na linguagem.

Dentre os conceitos básicos da linguagem na nova educação está o de que as perguntas são instrumentos de percepção. Logo, a natureza de uma pergunta determina a natureza de sua resposta. Também, quanto mais limitados forem os sistemas simbólicos menos uma pessoa está apta a ‘ver’. Um sistema de símbolos é um ponto de vista. Além do significado estar nas pessoas, os fatos são declarações sobre o mundo tal qual são percebidos pelo sujeito – são conjecturas e provisões dos sujeitos e as regras de julgamento são sistemas de linguagem que só fazem sentido dentro de um determinado contexto. A linguagem é considerada na nova educação a mediadora de toda percepção humana.

A consciência semântica a que se refere o sexto princípio parece estar totalmente relacionada à questão da linguagem levantada em

Teaching as a subversive activity. Tal princípio tem como objetivo chamar à consciência que o significado está nas pessoas, não nas palavras. Também, que a palavra significa a coisa, representa a coisa e não que é aquilo ao qual elas ostensivamente se referem. Ao usarmos palavras para nomear as coisas, é preciso não deixar de perceber que os significados das palavras mudam.

O sétimo princípio, *o da aprendizagem pelo erro*, parece ter sido influenciado por questões colocadas em *The end of education: redefining the value of school*. O autor chama a atenção que na velha educação não há sentido em documentar o erro, mas sim o de revelar o verdadeiro estado das coisas. Postman sugere uma escola que estivesse pautada no seguinte princípio: sejam quais forem às ideias que se tenha, elas sempre estarão erradas em certos sentidos. Na escola baseada neste princípio, os estudantes tem plena consciência de sua própria falibilidade e também da falibilidade dos outros, e ainda que todo conhecimento é produzido pela humanidade. Na velha educação, os professores fomentam os alunos a pensarem de maneira oposta, ao apresentarem a eles revelações de verdades incontestáveis e ideias duradouras.

Na sugestão do autor norte-americano, os professores estariam “menos interessados em tornar os alunos sagazes e mais interessados em tornar os alunos menos bobos” (POSTMAN, 2002, p. 119). As conclusões de professores engajados neste tipo de escola seriam: todas as pessoas cometem erros, inclusive as que escrevem sobre a questão; o erro é redutível. Ele é uma forma de comportamento; ao vê-lo, lê-lo, ouvi-lo é possível reduzir sua presença e; o erro se materializa pela fala, mesmo não verbal. Por isto Moreira, ao sugerir o princípio da aprendizagem pelo erro, ressalta que não se trata de aprendizagem por tentativa e erro, mas o de aprender corrigindo o erro. “Não há nada errado em errar. Errado é pensar que a certeza existe, que a verdade é absoluta, que o conhecimento é permanente” (MOREIRA, 2012, p. 14). No âmbito da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, buscar sistematicamente corrigir o erro é entendido como pensar criticamente, em aprender a aprender rejeitando certezas e encarando o erro como natural, aprendendo com sua superação.

O oitavo princípio, *o da desaprendizagem*, parece ser uma consequência direta da fundamentação na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, mas também tem sua inspiração em *Teaching as a subversive activity*. A aprendizagem significativa de Ausubel é não-arbitrária, ou seja, para aprender alguma coisa tem que haver interação com algum conhecimento específico já existente no sujeito. Ele deve

associar o novo conhecimento a certos conhecimentos prévios e ‘esquecer’ de outros que dificultam a aprendizagem do novo conhecimento. O princípio da desaprendizagem não significa apagar o que já se sabe, mas usar de maneira não-arbitrária o conhecimento prévio a fim de não dificultar a construção do novo saber, ou seja, desaprendizagem, neste princípio, tem a ver com esquecimento seletivo.

Postman e Weingartner abordam a questão quando discutem a formação de significações pelo sujeito. Ao afirmarem que os estudos das percepções devem mudar o processo de escolarização, os autores se fundamentam em alguns pilares. O mais importante deles, que parece ter inspirado o quinto e sexto princípios, é de que não obtemos as percepções a partir das coisas que nos cercam; elas provêm de nós. Outro pilar, que também parece ter fundamentado o primeiro princípio da teoria de Moreira, é que o que se percebe está relacionado com as experiências prévias, com os pressupostos prévios e as necessidades. O terceiro pilar assenta que o conceito de errado é para quem percebe algo que não funciona, mas não implica que exista mudança automática nas nossas percepções quando ocorre uma frustração no sujeito. O que isto implica é que existe a alternativa de mudar de percepção quando há interesse no sujeito. “A capacidade de aprender pode ser considerada a capacidade de abandonar percepções inadequadas e desenvolver novas – e mais exequíveis” (POSTMAN e WEINGARTNER, 1978, p. 107). Logo, para Postman e Weingartner, o currículo centrado no estudante não é uma opção porque seja bom como motivação para o estudante. O motivo é muito mais fundamental; segundo eles, não existe outra opção quando se tem em mente o sujeito formador de significados.

A origem do *princípio da incerteza do conhecimento* parece estar na discussão de Postman em *The end of education: redefining the value of school*. Para o autor, “não há nada mais humano do que as crônicas de nossos erros e como logramos superá-los e depois incorremos em erro mais uma vez e continuamos nossos esforços para fazer correções – crônicas sem fim” (POSTMAN, 2002, p. 123). Ao ajudar os alunos a entenderem que o conhecimento é um estágio no desenvolvimento humano, que é constituído por meio de erros, que com eles se amplia o conhecimento, é possível mostrar que todo o conhecimento que a humanidade produziu é incerto e provisório. Assim, em vez de os alunos aprenderem fatos e verdades, eles aprenderão a se defender de fatos e verdades.

O princípio é proposto por Moreira para discutir que a aprendizagem significativa só será crítica quando o sujeito perceber que a linguagem – com suas metáforas, perguntas e definições – é uma

invenção humana. Sendo assim, o conhecimento fruto da linguagem, além de metafórico é incerto. Segundo Postman, desde as primeiras séries até o doutorado os estudantes utilizam definições, mas não discutem o que são definições e que alternativas poderiam também servir. O resultado é que as pessoas passam a acreditar que as definições são parte do mundo natural e não que foram inventadas. No entanto, nenhuma definição tem autoridade separada de um propósito, ou para obstruir outros.

O caso da pergunta, para o Postman, é igualmente estranho. Ele reafirma que, tudo que sabemos tem origem em perguntas – porém este recurso não é ventilado na escola. As respostas dependem de como a pergunta é feita, e a maneira como a pergunta é feita induz a resposta. O cenário chega ao que o autor chama de absurdo quando se trata das metáforas. Elas são um órgão de percepção – usadas desde a Física até a História. Por meio das metáforas vemos o mundo como uma coisa ou outra. Sem o entendimento das metáforas que fundamentam um campo de conhecimento, o estudante não pode fazer ideia do teor desta matéria. As definições, perguntas e metáforas são três dos elementos mais potentes da linguagem humana. A sugestão de Postman de estudar estes elementos na escola é que sirvam para discutir que a “fabricação do mundo por meio da linguagem é uma narrativa de poder, durabilidade e inspiração” (POSTMAN, 2002, p. 170). Isto influencia todo conhecimento, pois seja o que for que se acredita ou não, isto é em larga medida uma função de como a linguagem aborda o mundo.

Postman sugere que cada professor instrua os alunos no universo do discurso lidando com a estrutura das questões de sua área, o processo de definição e o papel da metáfora. Não somente a discussão destes tópicos seria útil, mas principalmente como eles foram formados no passado e na atualidade. O que se busca com esta atitude é contar a história de um conhecimento como um ato de criação de sua linguagem.

Em relação ao décimo princípio, *o da não utilização do quadro-de-giz*, o próprio autor destaca que ele é complementar ao terceiro. O destaque para este princípio é o paralelo que Moreira faz da importância dada ao livro de texto e ao quadro de giz como instrumentos quase onipresentes e fundamentais nas escolas atuais. Como a escola está organizada na atualidade, as coisas se passam como se o conhecimento emanasse, tanto do quadro de giz como do livro de texto. Além de tudo, o princípio ressalta que o quadro de giz confere ao professor um papel de autoridade, além de possibilitar o ensino transmissivo. Para Moreira: “É difícil imaginar ensino mais anti-aprendizagem significativa, e muito menos crítica, do que esse: o professor escreve no quadro, os alunos

copiam, decoram e reproduzem. É a apologia da aprendizagem mecânica, mas, ainda assim, predomina na escola” (MOREIRA, 2005, p. 17). A proposta de Moreira, como no terceiro princípio, é menos radical que a de Postman. O princípio da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica não sugere abolir o quadro de giz, mas minimizar seu uso com a adoção de outras estratégias de ensino que impliquem participação ativa dos alunos.

O décimo primeiro princípio, *do abandono da narrativa*, parece ter como sua inspiração maior não a obra de Postman, mas a de outro autor estadunidense, Don Finkel (2008). Este autor é crítico ao modelo tradicional de sala de aula, que ele chama de modelo da narrativa. Nele, o professor disserta o que os alunos devem saber. Ele é amplamente aceito sem contestação por alunos, pais e professores. No modelo da narrativa, o professor utiliza também formas alternativas de narrar, como escrever ou projetar o conhecimento a ser adquirido pelos estudantes. Muitas vezes, o que o professor narra, escreve ou projeta são partes do próprio livro de texto. Neste tipo de ensino, os alunos devem ouvir ou copiar, memorizar e reproduzir nas avaliações, que assim testam a capacidade do estudante em registrar informações. No modelo da narrativa, o ensino considera que o conhecimento é transmitido e cabe ao professor garantir que os alunos recebem as informações; além de testar se elas foram memorizadas.

Finkel alerta que o modelo da narrativa do professor, que transfere conhecimento, é inadequado em seu objetivo para a educação – até porque fomenta a aprendizagem de informações específicas de curta duração. Para alterar este cenário, o autor constrói a metáfora de dar aula de boca fechada, que busca modelos alternativos de ensino. A sugestão de Finkel é para trazer a/à consciência que em um ensino centrado no aluno, que visa fomentar o processo de aprender a aprender, o modelo da narrativa perde o sentido. É com este entendimento que Moreira sugere o décimo primeiro princípio, como complementar ao terceiro e décimo. O *princípio do abandono da narrativa* visa um modelo de ensino que desenvolva aprendizagens de longo prazo, que sejam relevantes e que alterem a percepção de mundo dos estudantes para formas cada vez mais amplas e aprofundadas e, principalmente, críticas.

Deixar o aluno falar, para Moreira, implica em usar estratégias em que os alunos possam discutir, negociar significados entre si e apresentar ao grupo sua produção. Também é fundamental, neste modelo, fazer e receber críticas. O objetivo é abandonar a passividade dos alunos inerente ao modelo da narrativa e criar condições para que o aluno tenha papel ativo no processo de sua aprendizagem.

5.3 CONCEITOS FORA DE FOCO NA EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA

No encerramento de *Teaching as a subversive activity*, os autores ressaltam que a função da educação, mesmo no seu sentido mais tradicional, é de incrementar as perspectivas de sobrevivência do grupo. Segundo eles, houve civilizações inteiras que padeceram por esta função não ter sido satisfeita, e que as ameaças mais relevantes são fruto das mudanças que o grupo enfrenta. Quando o ambiente é estável ou as mudanças são lentas, a sobrevivência do grupo depende quase que exclusivamente de recordações do passado, da conservação das velhas ideias, conceitos, atitudes, aptidões e percepções. E isto valeu desde o treinamento nas sociedades primitivas até os sistemas escolares da sociedade tecnológica.

Existe uma situação paradoxal quando a mudança se converte na característica principal do meio ambiente, como na sociedade contemporânea: a nova tarefa da escola é fazer com que o grupo desaprenda os conceitos do passado que se tornaram irrelevantes para a sobrevivência do grupo. Isso é um desafio, pois grande parte “da energia humana foi consumida na busca do ‘Santo Graal’ da ilusão da certeza” (POSTMAN e WEINGARTNER, 1978, p. 227). Logo, para a sociedade não se desintegrar, as tarefas educacionais terão que ser repensadas e alteradas: a função mais importante para a escola é a de ajudar os estudantes a reconhecerem o mundo em que vivem e ao mesmo tempo dominar conceitos que incrementem sua capacidade de entendê-lo. No entanto, as escolas têm olhos fixos no passado enquanto necessitam olhar para o futuro, tanto que ainda ensinam uma série de conceitos fora de foco. Moreira concorda com a falta de pertinência dos conceitos fora de foco no âmbito escolar; ele os critica logo na introdução da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Para o autor é “difícil imaginar qualquer tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro drasticamente em transformação, do que aquela que promovesse conceitos e atitudes como esses da lista” (MOREIRA, 2005, p. 3).

Entre os conceitos fora de foco, Postman e Weingartner destacam sete: 1) o de verdade absoluta, fixa e imutável, particularmente em uma perspectiva polarizante de bom-mau; 2) o de certeza, que sempre há uma única resposta certa; 3) o de entidade isolada, de que A é A de uma vez para sempre; 4) o da rigidez de estados e coisas, a percepção de que quando se sabe o nome se entende a ‘coisa’; 5) de casualidade simples,

singular e mecânica, todo efeito é resultado de uma causa facilmente identificável; 6) de que as diferenças existem apenas em termos opostos, certo-errado, bom-mau, etc.; 7) que o conhecimento é dado por uma autoridade superior e deve ser aceito sem discussão. Apesar de reconhecer que a lista não esgota os conceitos fora de foco que a escola ensina, os autores frisam que ela já é bastante significativa.

Moreira salienta que, mesmo que as reflexões de Postman e Weingartner tenham mais de quatro décadas a escola continua a promover conceitos fora de foco. Ainda, segundo o autor, a escola agregou outros conceitos fora de foco: 1) o de informação como algo necessário e bom; quanto maior a quantidade, melhor; 2) o da idolatria tecnológica; a tecnologia é boa para o homem e está necessariamente associada ao progresso e à qualidade de vida; 3) o conceito de consumidor cômico de seus direitos; quanto mais consumir, melhor; 4) o conceito de globalização da economia como algo necessário e inevitável; o livre comércio sem restrições é bom para todos; 5) o conceito de que o "mercado dá conta".

Os novos conceitos fora de foco sugeridos por Moreira têm várias de suas reflexões discutidas por Postman na obra *Technopoly* – em português *Tecnopólio, a rendição da cultura a tecnologia* (POSTMAN, 1994). Nela, o autor descreve como e por que a tecnologia vem se tornando um inimigo particularmente perigoso. Tal discussão é entendida pelo autor como urgente pela grande demonstração de superioridade que a sociedade atual imputa à tecnologia, o que “pode servir como confirmação da ideia catastrófica de que, tanto na paz como na guerra, a tecnologia pode ser nossa salvadora” (POSTMAN, 1994, p. 12).

Para Postman a maioria das pessoas acredita que a tecnologia é uma amiga leal por dar a impressão de tornar a vida mais fácil, limpa e longa. Porém, não existe um exame rigoroso de suas próprias consequências. Ele usa a história narrada por Platão sobre o rei Thamus, que ao receber um inventor de muitas coisas, entre elas a escrita, alertou que não é medida de sabedoria receber uma grande quantidade de informação sem a instrução adequada. Pessoas assim não são instruídas; bastante ignorantes representam um fardo para a sociedade. Postman considera esta uma sábia circunspeção sobre a sociedade tecnológica. Hoje em dia, segundo Postman, há inúmeros profetas da tecnologia que só enxergam o que ela pode fazer, mas são incapazes de imaginar o que ela está desfazendo. Essas pessoas são batizadas pelo autor de tecnófilos. Segundo ele, na sociedade contemporânea, para não ser subjugado pela tecnologia quando se a aceita, deve-se fazer com os

olhos bem abertos. Os tecnófilos convencem as pessoas a se entusiasmarem com a tecnologia, seja do computador ou qualquer outra. Com este convencimento certas questões não são levantadas, como: a quem a tecnologia deu mais poder e liberdade? Poder e liberdade de quem serão reduzidos por ela? Uma tecnologia nova, não acrescenta nem subtrai coisa alguma ao meio ambiente, ela muda tudo. Quando uma velha tecnologia é atacada por uma nova, instituições ficam ameaçadas, e quando instituições são ameaçadas uma cultura se encontra em crise. Logo, a reflexão sobre o uso do computador não está relacionada com sua eficiência, mas sobre como ele vai alterar nossa concepção de sociedade. Além das implicações econômicas, as tecnologias criam novas formas através das quais as pessoas percebem a realidade.

Postman sugere uma taxonomia para classificar as culturas em três tipos: as que usam ferramentas, as tecnocracias e tecnopólios. Todas estas culturas podem ser encontradas em algum lugar do planeta. Até o século XVII, no entanto, as culturas eram usuárias de ferramentas, mesmo havendo variação nas ferramentas disponíveis. As ferramentas não tinham a intenção de atacar a cultura em que foram introduzidas, não faziam as pessoas desacreditar de suas crenças. Elas quase sempre não provocavam reorientação dos costumes e na vida simbólica. Havia um nível muito alto de integração entre as ferramentas e a visão de mundo da época.

Nas tecnocracias as ferramentas desempenham um papel central no mundo das ideias, da cultura, e tudo dava passagem ao seu desenvolvimento. Os mundos social e simbólico tornam-se cada vez mais sujeitos a exigência do desenvolvimento das ferramentas. Elas não são integradas a cultura, elas a atacam, tornam-se a própria cultura. Dessa forma, a tradição, os costumes sociais, mitos, política e a religião têm que lutar para sobreviver. É possível identificar, segundo Postman, como o primeiro tecnocrata Francis Bacon, que pode ser considerado o primeiro homem a ter visto a relação entre ciência e a melhoria da condição humana, criticou seus antecessores (como Copérnico, Kepler, Galileu e Newton) por deixarem de ver que “o real, legítimo e único” objetivo das ciências seria o de dotar a vida humana de invenções e riquezas. Bacon entendia o que a tecnologia poderia fazer com a cultura e colocava o desenvolvimento tecnológico no centro da atenção.

Em uma sociedade tecnocrata é muito familiar a noção de que a ciência é fonte de poder e progresso, e esta ideia começou a ser divulgada na obra de Bacon. Como Thomas Carlyle disse, a verdadeira divindade dos pobres era o mecanismo, o mundo ocidental se tornou

uma tecnocracia e não poderia voltar atrás. Com ela, a cultura até então vigente perdeu muito de seu poder e sentido. Adam Smith ganhou seguidores ao sugerir que o dinheiro era a chave para a riqueza e que o mercado era autorregulador, ou seja, em uma tecnocracia uma mão invisível elimina o incompetente e recompensa quem trabalha direito. Nas palavras de Moreira, “o mercado dá conta”.

Para Alfred North Whitehead, a melhor invenção do século XIX foi da ideia de invenção em si. A humanidade aprendeu a inventar coisas, mesmo que sua utilidade ficasse em segundo plano. Junto com a tecnocracia se desenvolveu uma profunda crença em princípios como: objetividade, eficiência, habilidade, padronização, medição e progresso. A tecnocracia não destrói por completo as tradições dos mundos sociais e simbólicos, ela subordina estes mundos e até humilha-os, mas não os deixa totalmente ineficazes. Assim, havia duas visões de mundo opostas: a tradicional e a tecnológica. Apesar de ser a mais fraca, a cultura tradicional ainda exercia influência e ainda era forte o suficiente para ser notada.

Com a ascensão do terceiro tipo de cultura, o tecnopólio, desaparecem as alternativas. Existe uma redefinição do que é religião, arte, família, política, história, verdade, privacidade, inteligência e assim por diante. Em suma, o tecnopólio é uma tecnocracia autoritária. O que preocupa algumas pessoas não é a pregação do não uso da tecnologia; a maioria das pessoas deseja compartilhar das dádivas da tecnocracia. O que preocupa alguns é o assalto que a ciência faz da história antiga na qual a sociedade em que vivemos foi construída. No tecnopólio existe uma fé na tecnologia maior que qualquer outro tipo de crença. O objetivo principal do trabalho e do pensamento humano no tecnopólio é a eficiência. O cálculo técnico é considerado superior, em todas as circunstâncias, ao julgamento humano, que não pode ser confiável por ser inexato. A subjetividade é um obstáculo para o pensamento claro. O que não pode ser medido não tem valor ou não existe e os assuntos dos cidadãos são mais bem orientados e conduzidos por especialistas.

No tecnopólio existe a submissão de todas as formas de vida cultural à soberania da técnica e da tecnologia. O resultado de um século desta erudição no tecnopólio foi que se perdeu a confiança nos sistemas de crenças e restou apenas a tecnologia para acreditar. Nos dias atuais, como já apontava George Bernard Shaw há mais de meio século, a média das pessoas é tão crédula quanto na Idade Média. No entanto, existe uma diferença: enquanto na Idade Média as pessoas acreditavam na autoridade da religião (não importa qual), hoje elas acreditam na autoridade da ciência (não importa qual). As tecnocracias não

desapontaram quem delas esperava uma grande quantidade de informação: do saneamento à farmacologia, dos transportes à produção de alimentos, elas produziram uma enxurrada de informações oriundas do que Bacon reconheceria como sendo ciência. Logo se criou outro problema, o excesso de informação, cujas desvantagens podem não ser tão claras quanto a escassez, mas é tão nocivo quanto. Com ele, compreendeu-se que era preciso algo para controlar tanta informação disponível. Uma das alternativas foi por meio da escola moderna que tomou forma no século XVII. A escola limitou, organizou e discriminou as fontes de informação disponíveis, legitimando algumas e desacreditando outras.

Hoje em dia, a informação chega de milhões de fontes no globo inteiro, através de cada canal e modo possível, sendo seu volume a ser recuperado cada vez maior. Trata-se de uma cultura que consome informação e não reflete como controlar seu processo, pois a maioria supõe que ela é necessária e sua limitação causaria sofrimento. Desde o século XIX, há mais disponibilidade dela para os jovens fora da escola que dentro, e este fato não tornou a escola obsoleta. O problema que se coloca não é o acesso à informação, mas o que fazer com tanta disponibilidade. O tecnopólio floresce quando as defesas contra o excesso de informação são destruídas.

A especialidade é um meio técnico importante com que o tecnopólio tenta controlar as informações. O seu papel é peneirar tudo o que estiver disponível, eliminar o que não tiver relação com o problema e usar o resto para ajudar a resolvê-lo. Tal processo funciona quando só envolve questões técnicas sem conflito de propósitos humanos. Porém é desastroso quando aplicado a situações que não podem ser solucionadas por meio técnicos, como a educação, direito e vida familiar. E quanto maior a maquinaria técnica usada pelo especialista, mais prestígio ele goza no tecnopólio, que tem como um de seus pilares o que Postman chama de cientismo. Uma das ideias por trás deste pilar é que a fé na ciência pode servir como abrangente sistema de crença, que dá sentido à vida, além de sensação de bem estar, moralidade e até imortalidade. Os tecnopolistas acreditam que os grandes sucessos dos tempos modernos se tornaram viáveis pela aplicação consistente dos objetivos, suposições e procedimentos da ciência natural. Esses sucessos associaram ao nome da ciência uma tremenda medida de autoridade, e aqueles que reivindicam o título de cientista gozam de uma medida semelhante de respeito e prestígio.

Ao cientismo está associado à crença ilusória de que um conjunto padronizado de procedimentos, chamado genericamente de ciência,

pode proporcionar uma fonte incontestável de autoridade moral e uma base sobre-humana para responder questões fundamentais. Para Postman, esta ideia é equivocada porque a ciência não tem mais autoridade que nenhum outro procedimento para estabelecer o que é legítimo, certo ou verdadeiro, “pedir à ciência, ou esperar da ciência, ou aceitar passivamente da ciência as respostas para estas questões é cientismo. E é a grande ilusão do tecnopólio” (POSTMAN, 1994, p. 168).

No contexto da educação, a introdução das “tecnologias de ensino” associadas à tecnologia dos computadores é aceita como uma forma inequívoca de melhorar a educação da juventude. Este entendimento se preocupa com os meios, e não com os fins da educação. A questão colocada por Postman, considerada por ele como fundamental, é: em um tecnopólio em crescimento, para que acreditamos que seja a educação? A educação formal de uma pessoa pode ajudar de maneira considerável ela se tornar, o que Postman chama de, um resistente ao tecnopólio. O autor trata como resistentes aqueles que se opõem a dominação do tecnopólio. Estas pessoas teriam entre suas características a de se libertarem da crença nos poderes mágicos dos números, serem desconfiados com a ideia de progresso, não confundirem informação com compreensão e não acreditarem que a ciência seja o único sistema de pensamento capaz de produzir verdades. Estas pessoas compreendem que a tecnologia é um produto do contexto econômico e político particular e traz consigo um programa, uma agenda e uma filosofia que podem ou não realçar a vida e que, por conseguinte, requerem exame, crítica e controle.

5.4 EDUCAÇÃO PARA A SOCIEDADE LIVRE

Paul Karl Feyerabend nasceu em Viena, Áustria, em 1924 e faleceu em Zurique, Suíça, em 1994. Estudou sob a orientação de Karl Popper em Londres e durante essa sua estada na capital britânica conheceu Imre Lakatos, que foi o seu maior incentivador para que publicasse suas ideias. O epistemólogo austríaco concretizou isso em sua obra seminal *Contra o método* (FEYERABEND, 2007). A partir desta e de outras publicações, as ideias de Feyerabend foram amplamente discutidas, mas nem sempre compreendidas. Como o autor escreveu em sua autobiografia, ao “ler as resenhas, pela primeira vez deparei com ignorância em estado puro” (FEYERABEND, 1996, p. 152).

Ele não faz prescrições pedagógicas, até porque não é este seu objetivo, mas suas ideias servem de reflexão. Ele diz, por exemplo, que disciplinas como Física e Biologia só são mal entendidas porque são mal ensinadas, por meio de lições comuns repletas de material redundante. Para procurar reverter esse quadro, o uso de sua epistemologia pode ser um importante aporte no sentido de promover a aprendizagem significativa crítica.

Feyerabend sugere uma educação para uma sociedade livre, em que a educação geral prepare os cidadãos para escolher entre padrões, assim poderão achar seu caminho em uma sociedade que contém grupos comprometidos com vários princípios. Sem, no entanto, subjugar-se de modo a se conformar com os padrões de algum grupo particular que aderiram. Os estudantes levariam em consideração e discutiriam vários princípios, teriam proficiência neles. Como resultado, a opção por um padrão específico seria uma escolha consciente e não um resultado inevitável. Isso só será possível, de acordo com Feyerabend, caso se evite que os cientistas-racionalistas assumam a educação, pois neste caso seriam ensinados fatos e o único método verdadeiro – seja o que cada um entenda por isto. Para tanto, é necessário uma mudança na perspectiva da educação.

Este novo tipo de educação, pensado por Feyerabend, teria um rico reservatório de pontos de vista diferentes, que permitiria, dentre as tradições, a escolha da mais vantajosa para o indivíduo. Na educação tradicional existe a “presunção de presumir que nós temos soluções para pessoas cujas vidas não compartilhamos e cujos problemas não conhecemos. É bobagem presumir que um exercício assim terá efeitos satisfatórios para as pessoas envolvidas” (FEYERABEND, 2011, p. 150).

Quando se coloca uma tradição acima das outras, as escolas se ocupam de “esforços de nossos educadores, que, ano após ano, são jogados sobre a geração mais jovem para enchê-la de ‘conhecimento’ sem consideração pelo passado e pelo contexto dos alunos” (FEYERABEND, 2011, p. 369). Desta forma, corre-se o risco de matar culturas inteiras com seu conhecimento se tornando raridade. Feyerabend recomenda que a educação entenda a ciência como uma forma de conhecimento interessante com muitas vantagens, mas também muitos inconvenientes. Um dos grandes problemas da narrativa racionalista da ciência é seu chauvinismo, segundo o autor. Os cientistas não ficam satisfeitos em utilizar o que entendem como sendo o método científico. Eles querem universalizar estas regras, que elas se tornem parte da sociedade como um todo.

O autor chega a chamar os racionalistas de inquisidores. Ele cita como exemplo, para justificar o termo, cientistas que cortavam, envenenavam e irradiavam sem terem examinado métodos alternativos de tratamento de doenças. Com o predomínio da ciência, “culturas inteiras foram mortas, seus sistemas imunológicos destruídos, seu conhecimento passou a ser raridade – e tudo isto em nome do progresso” (FEYERABEND, 2010, p. 369-370). A excelência da ciência é presumida, sendo que alguns filósofos e cientistas agem como defensores de Uma Única Igreja. Caso este entendimento se limitasse a este pequeno grupo, isto já seria nefasto para uma sociedade livre onde todos têm direito de manifestar suas crenças e praticá-las. “Mas a premissa da superioridade inerente da Ciência foi além da própria Ciência e passou a ser artigo de fé de quase todo mundo” (FEYERABEND, 2011, p. 92); ela faz parte do tecido básico da sociedade.

Para Feyerabend, a prevalência da Ciência é uma ameaça à democracia. Os racionalistas acreditam que o racionalismo (para eles sinônimo de ciência) não é apenas uma visão entre muitas, mas uma base para a sociedade. Em uma sociedade liberal-racional não é possível incorporar outras culturas no sentido completo da palavra, somente como enxertos secundários em uma estrutura baseada na aliança entre Ciência, racionalismo e capitalismo. Feyerabend então pergunta: porque as tradições que sustentam a vida de pessoas não deveriam receber direitos iguais às posições-chave na sociedade, não importa o que outras tradições pensem delas? Não se deve exigir que ideias e procedimentos que sustentam a vida de pessoas se tornem membros efetivos de uma sociedade livre?

Feyerabend entende como relativismo a compreensão de que o ponto de vista do qual se tem mais carinho pode ser apenas mais um entre outros e até mesmo desinteressante e mesmo um obstáculo para os que não foram criados dentro de uma tradição específica. Para os racionalistas, no entanto, “só existe uma verdade e ela deve prevalecer” (FEYERABEND, 2011, p. 100) – o relativismo é temido pelos racionalistas por ele acabar com este exercício de superioridade. No relativismo, as tradições, teorias e ideias são verdadeiras ou falsas dependendo da atribuição de valores de uma tradição específica. A premissa racionalista falha por desconsiderar que não existem tradições inerentemente boas ou más, elas são úteis apenas para um agente que integra uma tradição específica e projeta sobre ela seus valores. Ou seja, no relativismo não faz sentido em falar de tradições verdadeiras ou falsas.

Uma tradição parece objetiva quando as afirmações e juízos que ela representa não são explícitos e nítidos a todos. Apesar disto, eles existem e por isto tais padrões são subjetivos. Quando se adota uma tradição específica os juízos de valor mudam. “A ausência da impressão de subjetividade não é prova de objetividade, mas um descuido” (FEYERABEND, 2010, p. 103). Em uma sociedade livre, as decisões não devem ficar nas mãos somente dos especialistas, pois as pessoas não devem ser tratadas como o que Feyerabend chama de “ovelhas guiadas por um pequeno grupo de sabe-tudo”. Em vez disto, as pessoas são consideradas maduras e capazes de se adaptar as situações novas com discernimento. Porém, tal maturidade é preciso ser aprendida, e o local sugerido por Feyerabend não é a escola atual “em que o aluno depara com cópias dessecadas e falsificadas de decisões passadas” (FEYERABEND, 2010, p. 108).

A escola, na opinião de Feyerabend, deve olhar para o futuro. A maturidade necessária para uma sociedade livre é construída pela participação ativa em decisões que ainda serão tomadas. A maturidade é mais importante que o conhecimento específico, pois os cientistas podem até acreditar que não existe nada melhor que a ciência, mas em uma sociedade livre e democrática os leigos podem não concordar com esta fé piedosa de que não há nada mais importante no mundo que o progresso da Ciência. A participação dos leigos nas decisões fundamentais é uma exigência da sociedade contemporânea e fundamental quando se pensa no progresso da humanidade, não só da Ciência. A semelhança entre a ciência racionalista e a Idade Média é traçada por Feyerabend pelo apelo à autoridade – invocada pela prepotência de um suposto método científico. A educação muitas vezes põe limites às mentes, insistindo que os padrões são árbitros eternos da pesquisa, moralidade e beleza. Acreditar que a pesquisa é um jogo infantil é associá-la a poucas regras simples conhecidas (os padrões básicos de racionalidade) e que a violação a elas deve ser combatida. Alguns cientistas e filósofos da ciência acreditam conhecer estas regras e ficam perplexos quando sua autoridade é desafiada.

Feyerabend se diz alinhado com a ideia de que línguas e seus padrões de reação não são meros instrumentos para descrever eventos, mas que elas modelam os eventos. Segundo o epistemólogo, a “sua gramática encerra uma cosmologia, uma visão abrangente do mundo, da sociedade e da situação do ser humano que influencia o pensamento, o comportamento e a percepção” (FEYERABEND, 2007, p. 227). A cosmologia de uma língua é expressa pelo uso de palavras, além de classificações que permitem vínculos com outras palavras. O

epistemólogo austríaco afirma que as teorias científicas como as de Aristóteles, da relatividade, quântica, cosmologia clássica e moderna são suficientemente gerais para serem consideradas como uma linguagem.

Ele também se declara alinhado com a ideia da percepção humana. Os esquemas conceituais que cada pessoa faz são imagens residuais e não fazem parte do mundo físico. Feyerabend rechaça a ideia que as pessoas tenham um mundo perceptivo estável com um sistema conceitual estável. Para ele, existem mudanças fundamentais na percepção e elas devem ser encorajadas a fim de se construir um estágio mais avançado de conhecimento. Sistemas de classificação diferentes, com seus aparatos perceptuais diferentes, produzirão objetos perceptuais que não podem ser facilmente comparados. Para desenvolver o conhecimento é preciso deixar de lado os esquemas conceituais anteriores e estabelecer os novos. Segundo Feyerabend, línguas diferentes não apenas postulam ideias diferentes para ordenar os fatos, mas postulam também diferentes fatos. A linguagem determina o que se constrói, pois “a interpretação de uma linguagem observacional é determinada pelas teorias que usamos para explicar o que observamos e modifica-se tão logo essas teorias se alterem” (FEYERABEND, 2007, p. 286). Ou seja, os enunciados observacionais não só estão carregados de teoria, mas são completamente teóricos.

A necessidade da relação entre tradições diferentes para o progresso do conhecimento é outra característica importante na epistemologia de Feyerabend. Ele sugere que se dê igualdade a todas as tradições, onde qualquer proposta é primeiramente analisada pelas pessoas a quem são dirigidas e ninguém pode prever o resultado deste processo. Os cientistas podem contribuir para a cultura, mas seria muito equivocado aceitar que formem o seu alicerce. Isto porque estão restritos a suas especialidades e deixar que assim mesmo decidam sem controle por outros cidadãos seria muito temerário. Feyerabend coloca que, mesmo que não haja uma ciência uniforme se pode aprender muito por meio dela, no entanto, também se é capaz de aprender pelas humanidades, pela religião e pelas tradições antigas. “Nenhuma área é unificada e perfeita, e poucas são repulsivas e completamente desprovidas de mérito” (FEYERABEND, 2005, p. 214).

Segundo Feyerabend (2011), não seria somente insensato aceitar a avaliação de cientistas sem um exame mais profundo; seria uma irresponsabilidade total. Tais considerações podem ser entendidas ao admitir que a ciência, sendo um esforço humano, tem seus defeitos. De acordo com Feyerabend (2007), não existe uma única ideia, mesmo antiga e absurda, que não seja capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento.

A ciência absorve a história do pensamento humano e o utiliza para o aperfeiçoamento das teorias científicas. As alternativas que necessita um cientista interessado em compreender os aspectos de sua teoria, tanto quanto possível, podem ser tomadas “de mitos antigos e preconceitos modernos, das elucubrações dos especialistas e das fantasias de excêntricos” (FEYERABEND, 2011, p. 64). Logo, a separação entre ciência e não ciência se dissolve, o conhecimento é construído antes pela multiplicidade de concepções que pelo emprego de uma determinada ideologia preferida. A fragilidade do conhecimento científico atual pode ser entendida pela crítica de Feyerabend a ideia de um método que contenha princípios imutáveis e absolutamente necessários para conduzir as ciências. Conforme o epistemólogo, existem circunstâncias em que defender hipóteses com conteúdo menor, contra resultados experimentais bem estabelecidos e contra teorias aceitas, é não só aconselhável como fundamental para o progresso da ciência.

Feyerabend tem uma posição muito crítica ao que chama de regras do racionalismo crítico, que para ele, se tivessem sido obedecidas, a ciência como a conhecemos não teria sido desenvolvida. Uma destas regras é a exigência do conteúdo aumentado, pois quando uma teoria substitui outra, a nova se restringe inicialmente a um domínio de fatos bem reduzido e se estende para outras áreas vagarosamente. “Tentando desenvolver uma nova teoria, precisamos primeiro dar um passo para trás” (FEYERABEND, 2007, p. 217) e depois expandir o domínio, normalmente para longe do conteúdo da predecessora. A exigência do conteúdo aumentado é, segundo o epistemólogo, uma ilusão. Feyerabend também critica os princípios do que chama empirismo lógico, que podem ser resumidos em exigências, tais como: seja preciso, baseie sua teoria em medições, evite ideias vagas e não testáveis. Para ele, tanto as regras do racionalismo crítico como do empirismo lógico fornecem uma explicação inadequada para o desenvolvimento do passado da ciência e oferecem sugestões que são propensas a estorvar seu futuro. Em relação ao passado, a ciência é muito mais descuidada e irracional que sugere a imagem metodológica dessas regras. Em relação ao futuro, iriam atrapalhar o desenvolvimento por que iriam inviabilizar a pesquisa científica ao não considerarem negligência, caos e oportunismo como tendo papel importantíssimo no desenvolvimento do conhecimento. Logo, “esses ‘desvios’, esses ‘erros’, são precondições do progresso” (FEYERABEND, 2007, p. 220). A ciência precisa ser praticada por pessoas adaptáveis e inventivas, não por seguidores rígidos de padrões estabelecidos.

5.5 COERÊNCIA ENTRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E A EDUCAÇÃO PARA A SOCIEDADE LIVRE

Para Postman, cada professor deve ser também um professor de história. Sua sugestão é que cada matéria seja ensinada com seu desenvolvimento histórico. A ideia é de um ensino por meio de uma história comparada, para evitar construir um passado como crônica de acontecimentos indiscutíveis, o que reforçaria a tendência do tecnopólio de dar aos acontecimentos uma única direção. Isto se aplica inclusive ao ensino de ciências. Em relação ao empreendimento científico a proposta de Postman não é somente que a educação em ciência seja por meio da sua história, mas também de sua filosofia. Tal prescrição visa apresentar a ciência como um exercício da imaginação humana, que é algo bem diferente da tecnologia que dela decorre. O curso de filosofia da ciência sugerido por Postman deveria incluir considerações sobre a linguagem científica, a natureza da prova científica, a fonte de suas hipóteses, o papel da imaginação, as condições de experimentação e o valor do erro e da refutação. “Este curso tentaria conseguir a noção de que ciência não é farmácia ou tecnologia, ou truques de mágica, mas sim uma maneira especial de empregar a inteligência humana” (POSTMAN, 1994, p. 199).

A história da ciência é usada por Feyerabend como um sólido ponto de ataque ao racionalismo. Ele coloca o seu estudo como tendo um papel fundamental para a compreensão da filosofia da ciência, com um exame detalhado de fatores contextuais e circunstanciais (FEYERABEND, 2010). Destarte, ao analisar episódios da história da ciência, fica claro que existem diversas situações em que as exigências racionalistas teriam eliminado pontos de vista que, hoje, são considerados essenciais para a ciência. Apesar disto, elas sobreviveram por pura teimosia, paixão, vaidade e erros. Várias “concepções ‘racionais’ só existem hoje porque, em seu passado, a razão foi posta de lado em certas ocasiões” (FEYERABEND, 2007, p. 169). Episódios históricos são ótimas oportunidades para abordar na educação básica a não causalidade, probabilidade e incerteza.

A questão não discutida por Postman é acerca de que, por certo, qualquer abordagem histórica da ciência tem uma orientação epistemológica e esta deve estar devidamente articulada com o referencial educacional, em uma situação de ensino. Nem sempre, a

abordagem de História e Filosofia da Ciência pode ajudar a promover um ambiente em que se possa construir a aprendizagem significativa crítica se certos cuidados não forem tomados. Visões racionalistas de ciência, como as de Karl Popper e Mario Bunge, acabam reforçando os conceitos fora de foco. Assim a aprendizagem escolar continuaria a ser mecânica em alguns casos, significativa em poucos outros, mas nunca crítica. Em contrapartida, visões de ciência relativistas, como a de Paul Feyerabend, são coerentes com o objetivo de uma educação que visa formar pessoas inquisitivas, flexíveis, criativas, inovadoras, tolerantes e liberais.

A própria definição de relativismo de Feyerabend já se aproxima da tese principal de Postman e Weingartner da nova educação e, por consequência, da definição de aprendizagem significativa crítica. Ambas sugerem formar pessoas que entendam que suas ideias mais caras podem não ser tão bem fundamentadas e que entendam que outros pontos de vista podem ser proveitosos. E que os estudantes não devem subjugar-se de modo a se conformar com os padrões de algum grupo particular que aderirem.

O núcleo central do ensino subversivo é incoerente com a visão racionalista da natureza da ciência, que entende a ciência como uma tradição privilegiada em relação a outras. A epistemologia de Mario Bunge (1919-), por exemplo, é uma defesa incondicional da racionalidade e do realismo científico (CUPANI e PIETROCOLA, 2002). Para o epistemólogo argentino, o conhecimento científico e técnico permite a tomada de decisões mais sábias. De acordo com ele, pessoas com conhecimento científico podem tomar decisões melhores (WESTPHAL e PINHEIRO, 2004). Ele também afirma que “é necessário levar a ciência ao povo e aos governos” (BUNGE, 1985, p. 171). Em contrapartida, Feyerabend defende que a ciência é só mais uma entre muitas tradições e que não é um padrão de excelência por si só e sua prevalência é uma ameaça à democracia. Na educação para uma sociedade livre, oriunda da epistemologia de Feyerabend, as pessoas podem ser educadas participando de um tecnopólio com seu cientismo, mas sendo resistentes as suas imposições. Podem participar de uma sociedade que trata a ciência como uma forma secularizada de religião, mas tendo aptidões para fazer críticas a este cenário. Podem usufruir e desenvolver os produtos da ciência, como a tecnologia, mas se mantendo atentos de que outras tradições também contribuem de maneira significativa para o conhecimento humano.

A importância do conhecimento prévio, da pessoa formadora de significados e da consciência semântica, também implica em um

desalinhamento da proposta da aprendizagem significativa crítica com as visões racionalista de ciência. Segundo estes princípios da teoria, não existe objetividade, mas níveis de subjetividade na construção do conhecimento. O conhecimento é uma formação individual de significações. Para um racionalista, segundo Feyerabend, a razão opera com princípios inatos e de validade universal que precedem, inclusive, a experiência. A racionalidade na ciência consiste em um conjunto logicamente articulado de ideias que se organizam em sistemas. Já a objetividade do conhecimento científico é caracterizada por ela ser impessoal e intersubjetivamente controlável (PONCZEK, 2009). Para Bunge, duas das características mais gerais do conhecimento científico são sua racionalidade e objetividade. Para Karl R. Popper (1902-1994), um dos mais reconhecidos filósofos da ciência do século XX e genitor do racionalismo crítico, o progresso da ciência depende da objetividade científica, por meio único e exclusivo na sua tradição crítica – que permite questionar qualquer teoria. Ainda de acordo com Popper, a ciência busca a verdade, no entanto, não dispõe de critérios para identificar se uma teoria é verdadeira. Contudo, a verdade absoluta ou objetiva é a ideia reguladora (SILVEIRA, 1996).

A subjetividade do conhecimento, do conhecimento prévio, da significação do sujeito e do conhecimento como uma forma de linguagem, estão alinhados ao pensamento de Feyerabend de diversas maneiras, por exemplo, quando o epistemólogo austríaco defende que as teorias científicas são formas de linguagem. Também, para Feyerabend, novas linguagens permitem novas maneiras de dar significado às coisas: “eliminam parte do conhecimento teórico de um sujeito perceptivo e você tem uma pessoa completamente desorientada e incapaz de executar a mais simples das ações” (FEYERABEND, 2007, p. 210).

O princípio da desaprendizagem está totalmente coerente com esta argumentação de Feyerabend. Para ele, a aprendizagem depende das significações dadas pelo sujeito de acordo com alguns conhecimentos prévios que ele tenha em detrimento de outros – depende de um esquecimento seletivo. O sujeito só vai ‘ver’ o que parte do conhecimento prévio permite dar significado. Segundo o epistemólogo austríaco, para desenvolver o conhecimento é preciso deixar de lado esquemas conceituais anteriores e estabelecer os novos.

A defesa de Moreira do quinto princípio, com a pretensão de chamar a atenção de que aprender uma nova linguagem implica em novas possibilidades de percepção, está totalmente de acordo com a afirmação de Feyerabend de que, quando se tem uma teoria/linguagem diferente não apenas se interpreta fatos de maneiras diferentes, mas os

próprios fatos são outros. A consequência do quinto princípio, de que aprender de maneira significativamente crítica é entender que uma nova linguagem é uma nova maneira de ver o mundo, é totalmente coerente com a epistemologia de Feyerabend, portanto. Com esta defesa, o foco do desenvolvimento do conhecimento passa a ser centrado no sujeito, e a educação também. A pluralidade de significações torna-se aceitável, pois não existe significado imposto a todos, como defendem tanto Postman e Weingartner, como Feyerabend. Assim, o primeiro, quarto, quinto e sexto princípios se mostram coerentes com a visão da natureza de ciência relativista, ao contrário do que ocorre com a filosofia da ciência racionalista.

Quando Moreira defende o segundo princípio, ele coloca que uma grande contribuição da educação seria o domínio da competência de fazer perguntas e que estas devem ser substanciais, relevantes e apropriadas. Com isto, o aluno aprenderia como aprender e ninguém impedirá que a aprendizagem ocorra sobre aquilo que interessar a pessoa ou que ela necessite. O ensino centrado no aluno oriundo deste princípio é mais uma vez coerente com a proposta provinda da epistemologia de Feyerabend e está em desacordo com a visão racionalista de ciência. Conforme este princípio, o aluno desenvolve o conhecimento de acordo com seu interesse, e não com a verdade científica do professor/autoridade. As afirmações de um racionalista, de que o conhecimento científico é superior aos outros e que se deve levá-lo a todos e, ainda, quando prega a diminuição do conhecimento não-científico, mostram que ele defende uma maior importância do conhecimento científico frente aos outros e dá prioridade a ele, não cabendo ao sujeito a escolha da ordem de importância entre as tradições. Também quando afirma que o cientista deve ser racional e objetivo, passa a ideia de que a Ciência é uma entidade isolada superior às outras, e que os cientistas são quase sobre-humanos e agem por meio de regras fixas e imutáveis ao longo da História. Ainda, que para a ciência alcançar a verdade ela deve seguir os padrões de racionalidade, sejam eles os indutivistas, popperianos ou outro qualquer. Nestes casos, está se defendendo uma causalidade única, simples e mecânica.

Não obstante, a educação para a sociedade livre se alinha ao segundo princípio da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica quando afirma que o resultado desta educação é que a importância atribuída a cada tradição é feita por cada sujeito. Os resultados construídos pelos sujeitos não são entendidos como uma consequência natural de fatos discutidos na escolarização. O método de inquérito, sugerido por Postman e Weingartner, deixa o programa pré-definido

obsoleto, pois os estudantes gerariam seu próprio enredo ao desenvolverem sua aprendizagem, tal como na proposta de Feyerabend, onde o resultado final da educação está relacionado com os interesses e os valores de cada indivíduo. Logo, tanto na nova educação de Postman e Weingartner, como na educação para uma sociedade livre de Feyerabend, a escolarização não significa informar aos alunos de fatos e dados pré-definidos com resposta prontas, consideradas importantes pelos programas escolares e que, portanto, devem ser aprendidas para a pessoa ser considerada educada. Tanto Postman e Weingartner como Feyerabend, defendem que a aprendizagem é um processo em si e que seu objetivo é ajudar as pessoas a viverem na sociedade multicultural e em constantes mudanças que se coloca na contemporaneidade. Bons aprendizes, para estes autores, suspeitam da autoridade e confiam no seu próprio discernimento e raciocínio. Também entendem que as respostas são relativas ao contexto em que se inserem, e que julgar um conhecimento absolutamente verdadeiro e necessário não faz sentido para uma educação para a sociedade contemporânea. Isto também permite entender a coerência da epistemologia de Feyerabend com o terceiro, décimo e décimo primeiro princípios de Moreira, que são complementares em si.

Uma das vantagens do método do inquérito, segundo seus autores, é que ele permite a interação entre os campos de conhecimento em detrimento da tradicional visão segmentada da velha educação. Feyerabend justamente defende o intercâmbio entre tradições como necessário para entender o desenvolvimento do conhecimento. Quando Feyerabend sustenta que a ciência deve contar com a participação dos não especialistas nas decisões, ele está colocando que o conhecimento se constrói corrigindo os erros. Sendo o conhecimento incerto e provisório, os leigos podem contribuir em questões sociais importantes que por ventura estejam nas mãos de especialistas. Tal sugestão está em consonância com o que sugerem os sétimo e nono princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Também se pode enxergar a coerência da epistemologia de Feyerabend com estes princípios quando ele alerta que os padrões só fazem sentido dentro de uma determinada estrutura, onde são apoiados por teorias que permitem captar o mundo por meio de tradições. Os cientistas que não consideram as teorias rivais eliminam, assim, algumas possibilidades interessantes de descobrir erros de seus próprios padrões: “a validade, a utilidade e a adequação dos padrões populares só podem ser testadas pela pesquisa que as viola” (FEYERABEND, 2011, p. 46). A educação muitas vezes põe limite às

mentes, insistindo que os padrões são árbitros eternos da pesquisa, moralidade e beleza.

O ensino *sobre* e *de* ciência tendo como perspectiva a epistemologia de Feyerabend permite um distanciamento dos conceitos fora de foco listados por Postman e Weingartner. Quando Feyerabend argumenta que a ciência não é um padrão de excelência que produz conhecimento melhor que outras tradições, ele dispensa a ideia de se possam produzir verdades absolutas, pois como ele próprio defende, as tradições não são boas nem más, elas apenas são. Quando o epistemólogo austríaco coloca que a pluralidade de pontos de vista e seu intercâmbio são fundamentais para a construção do conhecimento, ele se distancia da ideia de que sempre há uma resposta única e de certeza indubitável. Quando ele argumenta que a ideia de um método científico único e universal é uma quimera, ele se afasta da compreensão que de que ao aplicar tal método se produziria bom conhecimento, assim desconstruindo o conceito de casualidade simples, singular e mecânica. Quando sugere que os conceitos são flexíveis, ele desconstrói a noção de estado fixo. Quando coloca que a história da ciência é mais plural que mesmo o melhor metodólogo poderia imaginar, rejeita o entendimento de que as diferenças existem apenas em termos opostos. Quando se coloca contra as regras do racionalismo e do empirismo como a base para o progresso da ciência, ele repele a compreensão que se deve aceitar sem discussão, que o conhecimento é dado por uma autoridade e por isto ele deve ser aceito.

A educação científica orientada pela epistemologia de Feyerabend também permite desconstruir os novos conceitos fora de foco, sugeridos por Moreira, que teriam sido agregados pela escola no século XXI. Quando Feyerabend sugere que o progresso da ciência não está necessariamente relacionado com teorias com quantidade de informação maior que a adversária, a ideia de quanto mais informação melhor, é enfraquecida. A ênfase na importância de outras tradições para o desenvolvimento do conhecimento se afasta da ideia que a tecnologia está necessariamente associada ao progresso e à qualidade de vida. Quando Feyerabend defende que toda a tradição que tiver pessoas interessadas nela e em seu desenvolvimento deve ser incentivada, ele repele a percepção de sociedade de consumo de quanto mais se consumir melhor, das regras do livre comércio como sendo boas para todos. E quando sustenta que a ciência valia a pena ser defendida quando competia com outras tradições, e que sua hegemonia se tornou perigosa, Feyerabend está em consonância com a crítica de Postman de que no tecnopólio as demais tradições perdem importância. E com isto,

abandona-se também a riqueza da história de outras tradições com as quais nossa sociedade foi construída.

A crítica de ambos, tanto de Feyerabend quanto de Postman ao que este chamou de cientismo, mostra mais uma vez a coerência entre a epistemologia do filósofo austríaco e do autor norte-americano. Principalmente quando Postman chama a atenção que no tecnopólio a ciência se tornou um sistema de fé, que tem seu sucesso garantido pelo método que utiliza. Feyerabend, já na tese central de sua epistemologia, procura desconstruir estas ideias que Postman considera inúteis para a sociedade contemporânea.

Ao afastar o ensino *de e sobre* ciências dos conceitos fora de foco, a educação científica sustentada pela epistemologia de Feyerabend deixaria de formar, como no ensino tradicional, o que Postman e Weingartner chamaram de pessoas com personalidade: passiva, aquiescente, dogmática, intolerante, autoritária, inflexível e conservadora. Em seu lugar, permitiria a formação de personalidades indagadoras, flexíveis, criadoras, tolerantes, invocadoras, liberais e capazes de enfrentar a incerteza e a ambiguidade. Logo, a epistemologia de Feyerabend prepararia melhor os estudantes para uma sociedade em mudança. A educação para uma sociedade livre procura justamente formar pessoas que a educação formal em um crescente tecnopólio deveria formar: resistentes à dominação imposta pelo tecnopólio ao se libertarem da impressão de que a ciência é o único pensamento capaz de produzir verdades.

A postura relativista ensina ao estudante aprender ciência e, concomitantemente, poder ser crítico a ela, pois não é mais vista como certeza de uma verdade fixa e indubitável. O aluno terá condições de questionar o que aprende (aprender por meio de perguntas); procurará outras fontes de conhecimento além das oficiais (não centralidade da informação); entenderá que o conhecimento é uma invenção humana sem garantia alguma de verdade, ou mesmo que sua busca seja o objetivo do empreendimento científico. Assim, a educação científica para uma sociedade livre permitiria um ambiente subversivo, nos termos de Postman e Weingartner, onde seria possível a construção de uma aprendizagem significativa crítica, segundo Marco Antonio Moreira.

5.6 COMPLEMENTARIDADE ENTRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E A EDUCAÇÃO PARA A SOCIEDADE LIVRE

Na proposta da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, seu autor registra que o trabalho teve dois focos: a aprendizagem e o ensino. Ele assume que deixou de lado o currículo, contexto e a avaliação. Moreira admite, no entanto, que sem um contexto e um currículo que favoreçam a implementação dos princípios da teoria e sem uma avaliação coerente com estes princípios sua proposta será pouco produtora. É exatamente neste sentido que o ensino para uma sociedade livre sugerido na epistemologia de Feyerabend se mostra, além de coerente, complementar com a proposta de Moreira. Pois oferece um currículo para a implementação dos princípios da teoria no ensino *de* e *sobre* ciência por meio da história da ciência sob a perspectiva relativista.

Para ampliar o entendimento de como a educação para uma sociedade livre pode complementar a proposta da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica é adequado discutir o que Marco Antonio Moreira entende por currículo. Para ele, a discussão em torno desta questão é por vezes inflamada. Porém, o entendimento de currículo como conteúdo é simplista e limitado. O currículo também tem vínculo com as experiências de aprendizado e com o planejamento para situações e contextos específicos. (MOREIRA e AXT, 1986). Um conceito que Moreira considera útil para a análise e planejamento de um currículo para o ensino de ciências é o de ênfase curricular, que pode ser entendido como um conjunto coerente de mensagens sobre ciência que são comunicadas de maneira explícita ou não aos alunos. Assim, tais mensagens vão além do aprendizado de fatos, princípios, leis e teorias; elas procuram dar uma resposta para o sentido de se aprender sobre ciências.

Existem diferentes tipos de ênfase curricular no ensino de ciência, como a relativa a “ciência do cotidiano”, onde o estudante deve aplicar os princípios e generalizações científicas na compreensão e controle dos fenômenos do dia a dia; a ênfase “na estrutura da ciência”, que discute repetidas vezes, por exemplo, a relação entre evidência experimental e teoria e a adequação de modelos; a que diz respeito a “ciência, tecnologia e sociedade”, que limita a ciência à discussão de assuntos práticos; a do “desenvolvimento de habilidades científicas”, que focaliza no desenvolvimento de habilidades necessárias a um cientista; a ênfase “das explicações corretas”, onde o conjunto de mensagens consiste na autoridade dos especialistas em determinadas explicações científicas; a “da fundamentação sólida”, que procura preparar os estudantes para o ensino de ciência em um nível superior, passando a ideia de uma estrutura pensada e planejada; e a ênfase “da tecnologia educacional”,

que tem como foco o desenvolvimento de uma tecnologia de instrução, o currículo é visto como um processo tecnológico, meio para produzir determinado produto; um modelo industrial para a educação.

Existem outras ênfases que parecem mais alinhadas com a proposta do ensino subversivo, como a “do indivíduo explicador”. Em tal ênfase curricular, a ciência tem um caráter de instituição cultural. Como expressão da capacidade humana, o estudante recebe a mensagem de que a ciência é uma construção da humanidade. Esta ênfase faz uso da história da ciência, como no caso da Física que “ao longo de sua história, instrumentos, indivíduos, suposições e teorias em desenvolvimento provêm um veículo ideal para que jovens examinem como se faz uma ciência” (MOREIRA e AXT, 1986, p. 70). A ênfase da “autorrealização” também parece se alinhar ao ensino subversivo, ela procura prover experiências pessoalmente realizadoras para os estudantes. “A educação é vista como um processo que deve prover os meios para a liberação e o desenvolvimento pessoal, como meio de ajudar o indivíduo a aprender a aprender” (MOREIRA e AXT, 1986, p. 72). Nesta ênfase, a ciência importante é aquela que contribui para a autorrealização. Estas ênfases curriculares alinhadas com o ensino subversivo são bastante semelhantes, mas segundo Moreira e Axt, elas não devem ser confundidas. Enquanto a “do indivíduo explicador” fica no nível cognitivo incentivando o estudante a explicar os eventos usando seus próprios significados, a “da autorrealização” está no nível afetivo defendendo que o aluno só deve se engajar no processo de explicação de eventos que contribuam para sua autorrealização.

A complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend está particularmente ligada a duas ênfases curriculares alinhadas com o ensino subversivo, que permitem a implementação dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. A educação científica por meio de uma abordagem *de* e *sobre* ciência, por intermédio de sua história e filosofia fundamentadas nas ideias do epistemólogo austríaco possibilita uma educação para uma sociedade livre mediante as ênfases curriculares “da autorrealização” e do “sujeito explicador”. Desta forma, uma lacuna da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, admitida pelo seu próprio autor, pode ser complementada.

5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS – UM FIM PARA A ESCOLA

As ideias de Feyerabend ainda são pouco exploradas no ensino de ciências. Alguns pesquisadores, inclusive a rejeitam, como Westphall e Pinheiro (2004) que chegam a afirmar que elas representam um perigo extremo ao empreendimento científico e à sua divulgação. A solução, segundo estes autores, seria adotar as sugestões de Mario Bunge. Entre elas, o fortalecimento pelo anseio ao conhecimento do mundo em que se vive, sua regularidade e leis, bem como a ambição de dominá-lo, a defesa de uma aproximação inequívoca da realidade e de reconhecer nela a construção maior e mais fantástica da humanidade.

O ensino de história da ciência na educação científica, sob a perspectiva de Feyerabend é, de fato, perigoso – não para a ciência, mas para o mito da racionalidade, da verdade absoluta, de entidade isolada e causalidade simples. O vínculo desta epistemologia com o ensino de ciências e tecnologia permite a desconstrução dos conceitos fora de foco, viabilizando um ambiente mais propício à aprendizagem significativa crítica. A sugestão de um ensino de ciências por meio de sua história e filosofia, fundamentado na epistemologia de Feyerabend e visando uma educação para uma sociedade livre, é totalmente coerente com a proposta de Postman (2002) de encontrar uma finalidade para a escola. Desta forma, seria evitada sua completa ineficiência e inutilidade em um tecnopólio, o que levaria a sua extinção.

Quando se fala em escolarização, a discussão normalmente gira em torno dos meios e não dos fins. Quando se discute os meios, a pergunta sobre a razão das escolas existirem fica em segundo plano. Postman sugere passar dos meios para os fins, sobre qual o propósito da escola, pois sem um propósito ela pode perder todo o sentido e chegar ao seu fim. Na escolarização, existem dois problemas a resolver, segundo Postman: um de engenharia e outro metafísico. O primeiro é essencialmente técnico, e diz respeito aos meios pelos quais os jovens se instruem, quase sempre endeusado recebendo uma importância que não merece. O problema metafísico é sobre a razão da escolaridade, quais os motivos para os jovens estarem em sala de aula e participar de todo o processo escolar.

Postman sugere que, para que a escola tenha algum sentido, alunos, pais e professores devem compartilhar uma narrativa. O autor entende como uma narrativa, o ente que dirige as mentes para uma ideia e um relato que aborda as origens e que dá um panorama de futuro. Ela é dotada de credibilidade e força simbólica para organizar a vida das pessoas. A finalidade de uma narrativa é dar sentido ao mundo e não descrevê-lo com precisão. A sua verdade ou falsidade está em suas consequências. Sem uma narrativa a vida não tem sentido, sem sentido a

aprendizagem não tem finalidade, sem finalidade as escolas são quase casas de detenção e não de estudos, segundo Postman.

Algumas narrativas que se atribuem à escola, para Postman, falham em dar uma finalidade à escolarização. Entre elas a *Utilidade Econômica* que oferece uma promessa nada trivial: se os estudantes se dedicarem serão recompensados com um bom emprego quando se formarem. A competência especializada só pode vir, segundo o autor, por meio de uma competência mais geral. A utilidade econômica é um subproduto de uma boa educação, qualquer escolarização voltada para a utilidade econômica é limitada demais para ser útil. Outra entre as narrativas descritas como insuficientes por Postman é a do *Consumo*, que prega que, quem é virtuoso é quem compra coisas; pecador é quem não compra. Segundo o autor, “nenhum argumento razoável pode ser apresentado contra educar os jovens para serem consumidores ou para pensarem nos tipos de emprego que poderiam interessá-los” (POSTMAN, 2002, p. 41). Porém, quando isto é levado à condição de imperativo metafísico da educação, alcança-se o limite da insensatez. Postman afirma que as narrativas que inspiram a escola atual – entre elas a da utilidade econômica e do consumo – não servem bem e podem redundar no fim da escola, em especial da pública.

O autor sugere narrativas alternativas que podem ser levadas a sério como razões para a escolaridade. Entre elas está uma diretamente ligada ao ensino de ciências. Uma possibilidade para dar sentido à escolarização seria a *de desconstruir as certezas, a autoridade absoluta, ou seja, o conhecimento absoluto*. O professor deveria atrair a atenção dos estudantes para mostrar que os erros fazem parte da construção do conhecimento. Atualmente nas escolas se considera que seria uma perda de tempo discutir os erros do passado e como eles foram superados, pois acredita-se que a escola não é lugar para documentar erros, mas sim para revelar o verdadeiro estado das coisas. Desse tipo de educação surgem pessoas que se engajam na defesa rigorosa e natural de suas próprias crenças, nunca procurando explicá-las, mas sim justificá-las. Postman questiona se isto não é estranho: pessoas lutando pelas suas crenças sem levar em consideração que todas as crenças são falhas, imperfeitas e carentes de melhorias. A escola oriunda da narrativa da desconstrução do conhecimento absoluto visa não produzir fanáticos, mas pessoas que queiram aprender com plena consciência de sua própria falibilidade e também a dos outros. O autor sugere que a educação deve formar estudantes como detectores de erros. Uma alternativa para isto é incluir aspectos históricos dos trabalhos dos cientistas na escola, mostrando que existiram grandes cometedores de erros e grandes corretores de erros.

Isto ajuda a compreensão de que o conhecimento é um estágio de desenvolvimento humano, com um passado e um futuro. Também, que o erro não é uma desgraça; ele é o meio pelo qual o conhecimento é ampliado. Nosso conhecimento é imperfeito, a história de seu desenvolvimento mostra que não há pecado em errar; o pecado, para Postman, consiste em ter relutância de examinar nossas próprias crenças e em questionar autoridades.

Outra narrativa que Postman entende com potencialidade para encontrar uma finalidade para a escolarização é *da diversidade cultural*. A ideia da diversidade é uma rica narrativa em torno da qual se pode organizar a escolarização dos jovens, pois não é difícil perceber que sempre que uma cultura se torna impermeável ela tende a desaparecer. Sempre que a diferença é aceita, o resultado é crescimento e vigor. “A verdade é que ideias profundas, mas contraditórias, podem existir lado a lado, e são construídas com diferentes materiais e métodos e têm diferentes finalidades” (POSTMAN, 2002, p. 106). A grande maioria das tradições humanas se vivificou e enriqueceu graças à mistura das diferentes ideias.

Por fim, Postman sugere uma narrativa ligada à *linguagem*. Segundo ela, a nossa capacidade de falar é o que nos torna humanos. Ao recontar a história da linguagem pode-se perceber que nos tornamos fabricantes de símbolos. Uma possível resposta para um sentido para a escola é a que diz que a linguagem é usada para criar mundos; ela não é só veículo de pensamento, mas condutora. As palavras são mais ideias que coisas; o quanto vemos o mundo e como o imaginamos é um produto da maneira como o descrevemos. As línguas diferem não somente nos nomes que dão para as coisas, mas no que elas decidem nomear. Cada língua constrói uma realidade diferente de todas as outras. A sugestão de Postman é que os estudantes compreendam que as definições são instrumentos destinados a realizar certos propósitos e que a pergunta fundamental a fazer é: quem a elaborou e por quê?

Logo, a visão relativista de ciência e a educação para uma sociedade livre oriunda dela podem ajudar a encontrar uma finalidade para a escola em um tecnopólio; contribui na formação de resistentes a cultura que se tenta impor e sujeitos que são capazes de participar dela, no entanto, sem se tornarem pessoas que lutam por suas crenças, considerando, ao contrário, que todas as crenças são imperfeitas, falhas e necessitam de melhorias. Tais melhorias provêm da diversidade de crenças, logo, conhecer uma multiplicidade de tradições é útil para a sobrevivência da cultura em que o sujeito está enquadrado, e que está inserida em um mundo em constantes e rápidas mudanças. Para a

sobrevivência da cultura que o sujeito faz parte, o aceite de outras tradições é fundamental, bem como para a adaptação do próprio sujeito a este mundo em constante transformação. Esses são objetivos comuns da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e da educação para uma sociedade livre oriunda da epistemologia de Feyerabend.

Nota

¹ O termo *sobreviver* é utilizado por Postman, e posteriormente por Moreira, no sentido de o sujeito ser capaz de se adaptar às mudanças rápidas e drásticas, características do mundo contemporâneo, e não no sentido literal do verbo de permanecer vivo apesar das contrariedades. O sentido usado neste texto é o mesmo usado por Postman e Moreira.

Referências bibliográficas

AUSUBEL, D., NOVAK, J., & HANESIAN, H. **Educational Psychology: A Cognitive View** (2nd Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston, 1978.

BUNGE, M. **Racionalidad y realismo**. Madrid: Alianza, 1985.

CUPANI, A.; PIETROCOLA, M. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. especial, p. 100-125, 2002.

FERNÁNDEZ, I, GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A., & PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FEYERABEND, P. K. **Matando o tempo**. São Paulo: Editora da UNESP, 1996.

_____. **A conquista da abundância.** São Leopoldo:
Editora UNISINOS, 2005.

_____. **Contra o método.** São Paulo: Editora UNESP,
2007.

_____. **Adeus à razão.** São Paulo: Editora UNESP, 2010.

_____. **A ciência para uma sociedade livre.** São Paulo:
Editora UNESP, 2011.

FINKEL, D. **Dar clase con la boca cerrada.** Valencia: Publicacions de
la Universitat Valencia, 2008.

FORATO, T.C.M., PIETROCOLA, M., & MARTINS, R.A.
Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro
de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

MASINI, E.A.S., MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa:
condições para ocorrência e lacunas que levam a
comprometimentos.** São Paulo: Vetor Editora, 2008.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** Porto Alegre:
Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M. A. La teoria da aprendizagem significativo crítico: um referente para organizar la enseñanza contemporánea. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, n. 31, p. 9-20, 2012.

MOREIRA, M. A.; ATX, R. A questão das ênfases curriculares e a formação do professor de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 3, n. 2, p. 66-78, 1986.

PONCZED, R. L. Pode a física ser um bom árbitro para questões epistemológicas? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 295-313, 2009.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Contestação – nova fórmula de ensino**. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1978.

POSTMAN, N. **Tecnopólio – a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

POSTMAN, N. **O fim da educação – redefinido o valor da escola**. Rio de Janeiro: Graphia, 2002.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Cad. Cat. Ens. Fis.** v. 13, n. 3, p. 197-218, 1996.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T. C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

Capítulo 6

**A FORMAÇÃO DE
PROFESSORES PARA UM
ENSINO SUBVERSIVO
VISANDO UMA
APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA CRÍTICA:
UMA PROPOSTA POR MEIO
DE EPISÓDIOS HISTÓRICOS
DE CIÊNCIA**

6 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA UM ENSINO SUBVERSIVO VISANDO UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA: UMA PROPOSTA POR MEIO DE EPISÓDIOS HISTÓRICOS DA CIÊNCIA²²

6.1 INTRODUÇÃO

O uso didático de história e filosofia da ciência vem sendo defendido por vários autores dentro da área de ensino de ciências (MATTHEWS, 1995; BASTOS, 1998; PEDUZZI, 2001; GUERRA et al., 2004; MARTINS, 2007; FORATO et al., 2011; RAICIK e PEDUZZI, 2015). Entre os argumentos favoráveis para este tipo de abordagem está a de que ela favorece uma abordagem de ciência que a expõe como construção humana, questionável e falível. Desta forma, torna-se possível uma educação científica permeada por discussões acerca da natureza da ciência.

Muitos dos que defendem o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica o fazem em favor de uma abordagem 'contextualista', em seus diversos contextos: histórico, ético, social, filosófico e tecnológico (MATTHEWS, 1995). Segundo esta perspectiva, os pontos que fortalecem a posição do uso didático de história e filosofia da ciência são: aumenta a motivação e interesse dos alunos; humaniza os conteúdos; possibilita uma melhor compreensão dos conceitos científicos e; demonstra que a Ciência é mutável e que o conhecimento científico atual pode ser transformado. Certamente, tais pontos não esgotam as possibilidades.

Não obstante, tão prejudicial quanto ignorar didaticamente a história e filosofia da ciência seria sobrevalorizá-la. A abordagem histórico-filosófica não pode ser entendida como a solução de todos os problemas da educação científica, mas sua inserção se mostra como um recurso útil de diversas maneiras: incrementa a cultura geral dos alunos; desmistifica o método científico; mostra como o pensamento científico se modifica ao longo do tempo; chama a atenção para a importância das ideias metafísicas e; contribui para o entendimento da relação da ciência com a cultura, sociedade e tecnologia (PEDUZZI, 2001).

Existem, contudo, posições contrárias à abordagem didática de história e filosofia da ciência. Desde a década de 1970, há autores que se preocupam com problemas que seriam gerados neste tipo de abordagem; entre eles destacam-se dois trabalhos clássicos que atacam o uso de

²² Publicado em *Labore em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1.

História da Ciência no contexto educacional. Martin Klein (1972) chama de pseudo-história a história utilizada de maneira equivocada no ensino de ciência, devido aos assuntos e temas selecionados e utilizados, e coloca como causa disso a distância entre a perceptiva de um cientista e de um historiador. Enquanto o primeiro procuraria um corte agudo de fenômenos, o segundo busca a combinação da riqueza e da complexidade do fato. Já Whitaker (1979) identifica frequentemente, em livros textos, ficções históricas com o objetivo de satisfazer fins pedagógicos. Ele chama este tipo de abordagem de história da ciência de quasi-história, que vai além da pseudo-história de Klein, pois na quasi-história há uma falsificação histórica com aspectos de história genuína.

Mesmo autores e professores que não consideram que a abordagem explícita de história e filosofia da ciência seja conveniente, não podem menosprezar a importância destas áreas na educação científica. Conforme destaca Matthews (1995), o ensino de ciências não pode ser desvinculado da filosofia da ciência. As visões epistemológicas de ciência de um professor – estando ele ou não consciente delas, influenciam sua prática docente mesmo que ele não aborde explicitamente conteúdos de história e filosofia da ciência. Sempre na educação científica há uma imagem de ciência passada pelo professor. Ou seja, um professor de ciência “ensina” filosofia da ciência mesmo que não tenha consciência disto. Segundo Arthury (2010, p. 16): “Ignorar esta influência na educação é um passo perigoso rumo a uma metodologia de ensino pueril, quando não perniciosa”.

Opiniões problemáticas do fazer ou do conhecimento científico (termo sugerido por Silva (2009), ver nota 1) são repassadas aos alunos pelos docentes quando eles ensinam ciência (FERNANDEZ et al., 2002). Também, estudos indicam que existe relação entre concepções sobre a natureza da ciência dos professores e sua visão de como se deve ensinar e aprender ciência (PUJALTE et al., 2014). Logo, o pensamento sobre ciência que os professores trazem para sala de aula é fundamental no âmbito da educação científica. Muitos trabalhos procuram identificar tais conceitos de professores quanto ao fazer científico (MEDEIROS e BEZERRA FILHO, 2000; CUNHA, 2001; GIL PÉREZ et al., 2001; SILVA e MARTINS, 2003; MAGALHÃES e TERNEIRO-VIEIRA, 2006). De acordo com Medeiros e Bezerra Filho (2000), a visão de que os experimentos exercem papel revelador da verdade é persistente na visão dos professores, denotando uma visão indutivista do processo de produção de conhecimento. Cunha (2001) observa que a epistemologia inerente ao trabalho do professor é empirista, tendendo a um indutivismo extremo, mesmo que sustente um discurso racionalista. Gil

Pérez et al. (2001) trazem o que chamam de visões deformadas dos professores a respeito do trabalho científico, de uma ciência empírico-indutivista, ahistórica, dogmática, elitista, exclusivamente analítica, cumulativa e linear. Silva e Martins (2003) destacam que mesmo em professores universitários o modelo de pesquisa empírico-indutivista é muito difundido. Magalhães e Terneiro-Vieira (2006) investigam a visão de ciência de um grupo de professores e concluem que estes a concebem como objetiva, neutra, dogmática, linear e como um conjunto de fatos e de certezas, colocando as teorias científicas acima das ideologias, crenças religiosas, valores morais ou motivações pessoais.

Desta forma, existem dois pontos que são muito relevantes e que serão abordados neste artigo. O primeiro diz respeito a possíveis estratégias para uma mudança na visão epistemológica corrente dos professores de ciência e a importância desta mudança de perspectiva para a educação científica. O segundo se refere a como viabilizar que essas alterações possam influenciar a prática docente. Para tanto, sugere-se uma formação de professores que vise construir um ambiente de ensino subversivo para viabilizar uma aprendizagem significativa crítica, e ainda explicita-se como a história e filosofia da ciência são fundamentais neste contexto.

6.2 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

O uso didático da história e filosofia da ciência esbarra em alguns entraves. Entre eles, a formação de professores quando não inclui discussões destes temas e não capacita professores a levar estas questões para a sala de aula. Outro obstáculo ao uso didático de história e filosofia da ciência é a falta de materiais adequados para instrumentalizar o professor. A formação que inclui elementos de história da ciência aumenta o currículo do professor permitindo que ele tenha alternativas para o desenvolvimento do pensamento crítico nos alunos. Também, contribui para uma imagem mais adequada da natureza da ciência e do processo de desenvolvimento do conhecimento científico (GUERRA et al., 2004).

A importância da formação de professores para uma abordagem de história e filosofia da ciência pode ser destacada quando se compreende que cabe ao professor conduzir, com certos cuidados, em sua prática docente, o processo de formar alunos que venham a compreender a complexidade do empreendimento científico. Desta

forma, destina-se ao docente a tarefa de desconstruir a ideia do senso comum acerca da ciência. Formações docentes inadequadas podem promover uma abordagem didática que propaga opiniões problemáticas do fazer ou do conhecimento científico. Um professor que ignora aspectos de história e filosofia da ciência pode conduzir sua prática docente para um treinamento científico, não para um ensino de ciências (ARTHURY, 2010).

A diferença entre treinamento científico e educação científica é discutida por Moreira (2004). Segunda esta perspectiva, no treinamento científico existe uma preocupação com o fazer ciência, com as teorias científicas, equipamentos de laboratório e os procedimentos científicos teóricos e experimentais. Já a educação científica tem entre seus objetivos fazer com que os estudantes venham a compartilhar significados no contexto da ciência e que identifiquem aspectos históricos, epistemológicos, sociais e culturais da ciência. A formação de cientistas deve incluir a educação científica, mas o contrário não é necessariamente verdadeiro.

Outro aspecto relevante da abordagem de história e filosofia da ciência na formação e na prática docente também pode ser vislumbrado quando se leva em consideração o vínculo entre as crenças dos professores acerca da prática docente e suas opiniões acerca da natureza da ciência. Para Pujalte et al. (2014), as imagens da natureza da ciência de professores são tão influentes em suas concepções educacionais, e vice-versa, que para modificar o pensamento sobre educação de professores coloca-se como pré-requisito alterar as opiniões sobre o conhecimento científico.

Diante do quadro colocado, torna-se fundamental modificar as opiniões problemáticas sobre o fazer científico durante a formação de professores. Massoni (2005) ressalta que muitos estudantes de nível superior saem da universidade com pensamentos problemáticos acerca do empreendimento científico e de seu processo de evolução. A autora coloca a necessidade de se apresentar estratégias que visem transformar tais entendimentos considerados problemáticos sobre a ciência, e que se avaliem os resultados e influências de estratégias que visam alinhar as opiniões de estudantes universitários com as visões epistemológicas contemporâneas. Massoni defende, ainda, que visões epistemológicas de professores desalinhadas com a moderna filosofia da ciência implicam em práticas inadequadas desses docentes. Segundo a autora, estratégias que abordam de maneira implícita a epistemologia da ciência² acabam por não modificar visões equivocadas acerca da natureza da ciência. Logo, para a pesquisadora, é necessário que se discuta, durante a

formação de professores, de forma explícita, visões epistemológicas que se afastam de opiniões inadequadas sobre o conhecimento científico, principalmente do modelo empírico-indutivista.

Para encontrar indicativos se uma disciplina de história e epistemologia da ciência durante a graduação é capaz de promover um processo de transformação das concepções epistemológicas dos professores em formação em direção à moderna filosofia da ciência, Massoni fez um estudo etnográfico. A disciplina analisada apresentava e discutia ideias de diversos epistemólogos de maneira explícita. Os principais resultados foram que os estudantes conseguiram superar a visão empírico-indutivista da natureza da ciência por meio da disciplina. Ainda, indicaram que uma abordagem explícita de história e epistemologia da ciência pode contribuir para que as visões empírico-indutivistas dos professores em formação sejam superadas. Existem, no entanto, ainda outras questões pertinentes a serem colocadas. Uma delas diz respeito a que se tal mudança de visão epistemológica dos professores irá ter algum tipo de impacto na prática docente deles, e que impactos seriam estes.

Para procurar responder esta pergunta, Massoni (2010) conduziu um estudo que procurou investigar se quando o professor tem visões epistemológicas alinhadas à moderna filosofia da ciência isto contribui efetivamente para a melhoria de sua prática docente. Como resultado principal dessa investigação concluiu que, mesmo que professores tenham visões epistemológicas contemporâneas isto não implica, necessariamente, a disseminação em sala de aulas de tais concepções. Outro resultado importante do estudo é que a ineficácia em levar à educação científica visões sobre natureza da ciência mais coerentes, de acordo com visões epistemológicas contemporâneas, deixa transparecer que a formação docente fica a desejar em relação à questão de instrumentalizar os docentes para levar estes debates à sala de aula. Os professores “falam de física, mas raramente falam sobre física. Têm intenção e até mesmo convicção de que ensinam uma física epistemologicamente contextualizada, mas não o fazem de fato” (MASSONI, 2010, p. 394).

Uma das consequências dos indicativos levantados por Massoni (2010) é que, independente das concepções epistemológicas do professor, os alunos da educação básica continuam com opiniões problemáticas do fazer ou do conhecimento científico. Outra consequência dos resultados é a necessidade de repensar os cursos de formação de professores, tanto em relação às disciplinas de história e filosofia da ciência como nas disciplinas de conteúdo científico

propriamente. A pesquisadora sugere que, junto às disciplinas de história e filosofia da ciência sejam incluídas atividades em que os professores em formação tenham a oportunidade preparar, apresentar e submeter a críticas aulas sob determinado aporte epistemológico.

O presente artigo pretende justamente preencher a lacuna apontada pelo estudo de Massoni (2010). Ou seja, visa apresentar uma proposta onde professores em formação tenham a oportunidade de desenvolver estratégias didáticas para abordar conteúdos *de* ciência concomitantemente com a discussão *sobre* ciência. Tal proposta discute explicitamente questões no âmbito da epistemologia da ciência e da ciência propriamente. O objetivo é que professores tenham minimizadas suas opiniões problemáticas sobre o conhecimento científico, principalmente no que se refere ao modelo empírico-indutivista, e que possam levar tais concepções alinhadas com a moderna filosofia da ciência para a educação básica. Para tanto, optou-se pela Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e pelo aporte epistemológico de Paul Feyerabend, por se entender que estas duas fundamentações são coerentes e complementares (DAMASIO e PEDUZZI, 2015).

6.3 ENSINO SUBVERSIVO E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

Moreira (2004) identifica como pesquisa em educação em ciências a área que produz conhecimento sobre educação científica, buscando respostas a perguntas sobre: ensino, aprendizagem, currículo e contexto escolar. Apesar de este campo ser hoje bastante consolidado, Moreira discerne algumas debilidades e/ou dificuldades persistentes, entre elas: trabalhos sem referencial teórico, epistemológico e metodológico coerente e consistente; pesquisas sem marco teórico ou com um suposto referente teórico que não se articula com o objeto de estudo. Para Moreira (2009), a pesquisa, visando produção de conhecimentos, implica a utilização de referenciais teóricos. Uma de suas recomendações para melhorar a qualidade das pesquisas, em termos de questões de investigação, é a de fundamentá-las de maneira teórica, metodológica e epistemológica.

A proposta apresentada neste artigo fundamenta-se em referencial teórico, epistemológico e metodológico. As discussões e sugestões apresentadas são respaldadas pelo ensino subversivo, pela Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e pela epistemologia de Paul Feyerabend, na perspectiva de uma coerência e complementaridade

entre os referenciais educacional e epistemológico. Esses referenciais se articulam com o referencial metodológico das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas que são fundamentadas dentro do marco da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica é relativamente recente. Ela foi proposta durante a primeira década dos anos 2000 por Marco Antonio Moreira. O argumento principal, e que a diferencia da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta inicialmente por David Ausubel durante a década de 1960, é que em tempos de mudanças rápidas e drásticas não basta fomentar uma aprendizagem significativa, também é necessário que ela seja subversiva. No entanto, o autor optou por chamar de aprendizagem significativa crítica o tipo de subversão a que se refere a teoria, sendo este tipo de aprendizagem aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela.

A proposta de Moreira é complementar à teoria de Ausubel, mas também se baseia nas ideias de Neil Postman e Charles Weingartner (1978) e em obras mais recentes de Postman (1994; 2002). No entanto, enquanto estes autores se ocupam de um ensino subversivo, Moreira volta sua atenção para uma aprendizagem subversiva, sendo que a sua proposta de uma aprendizagem significativa crítica subjaz tal subversão. É através deste tipo de aprendizagem que um sujeito poderá fazer parte de sua cultura e, mesmo assim, não ser dominado por ela, por meio de seus ritos, mitos e ideologias. É mediante este tipo de aprendizagem que o indivíduo poderá tratar construtivamente com a mudança sem se deixar dominar por ela, manusear a informação sem se sentir impotente diante de sua grande disponibilidade e velocidade e ainda, usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo. Para Moreira, o ensino subversivo de Postman e Weingartner somente se constituirá e será efetivo se resultar em uma aprendizagem significativa crítica.

Moreira acredita que a Aprendizagem Significativa Crítica é mais viável que a teoria de Postman, por ser menos radical que a proposta do educador estadunidense. Assim como Ausubel sugeriu princípios facilitadores para a construção de uma aprendizagem significativa, Moreira também os sugere para elaboração de um ambiente onde possa se estruturar a aprendizagem significativa crítica. A proposta procura ser factível para a sua implementação e também ser crítica (subversiva) em relação ao que normalmente ocorre em sala de aula. Em Moreira (2005), o autor apresenta e discute os onze princípios de sua Aprendizagem Significativa Crítica.

A proposta apresentada a seguir é fundamentada no ensino subversivo de Postman e Weingartner. Mas, sobretudo, procura fomentar um ambiente orientado pelos onze princípios de Moreira.

6.4 A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA UM ENSINO SUBVERSIVO

Ao sugerirem o ensino como atividade subversiva, Postman e Weingartner (1978) enumeram uma série de conceitos fora de foco que a escola ensina, tais como: o de verdade absoluta, fixa e imutável, o de certeza, o de entidade isolada, o de casualidade simples, única e mecânica e o de que o conhecimento é transmitido. De acordo com estes autores, é difícil imaginar um tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro em transformação que esta que promove os conceitos fora de foco.

A escola seria mais proveitosa, nas visões destes educadores estadunidenses, se fosse subversiva. Nessa perspectiva, sua finalidade seria subverter atitudes, crenças, pressupostos que fomentam a esterilidade. A escola na prática é outra; ela nada faz para encorajar jovens a inquirir, duvidar ou contestar qualquer setor da sociedade em que vivem. A escola deveria servir como meio principal para o desenvolvimento nos jovens de um senso crítico, tanto social, quanto político e cultural. Isto se constituiria em um instrumento subversivo que permitiria a uma pessoa fazer parte da sua própria cultura e ao mesmo tempo situar-se longe dela

Postman (1994) sugere que para um ensino subversivo todas as disciplinas sejam ensinadas com sua história. Desta forma, podem-se formar indivíduos que compreendam que o conhecimento não é uma coisa fixa, mas um estágio de desenvolvimento humano, com passado, presente e futuro. No entanto, ele reconhece as dificuldades da proposta, como a falta de materiais instrucionais e formação adequada de professores.

Especificamente em relação à educação científica, Postman faz reflexões adicionais. Ele considera que “o empreendimento científico é um dos nossos feitos mais gloriosos” (POSTMAN, 1994, p. 198). Ele ressalta que além de ensinar ciência por meio de sua história, seria muito proveitoso também ensinar sua filosofia. Isto poderia mostrar que a ciência é um exercício de imaginação humana e algo bem diferente da tecnologia que dela decorre. Discutir explicitamente a filosofia da

ciência é sair da corrente principal da educação científica, segundo Postman.

Ao procurar discorrer sobre a finalidade primordial para a educação, Postman (2002) sugere que a escola deve compartilhar narrativas como uma razão inspiradora para a escolarização. Uma das alternativas vislumbradas pelo autor pode oferecer senso de continuidade, explicações do passado, clareza para o presente e esperança para o futuro. O tema principal da narrativa é que os seres humanos cometem erros e devem corrigi-los para fazer avançar o conhecimento. Segundo o educador estadunidense, o exemplo mais requintado de como a narrativa da correção dos erros pode formar melhores cidadãos é a ciência natural. Para o autor, tanto na mentalidade popular como na escola, a ciência é entendida como uma fonte de verdade suprema. “Tal crença é, em si, um exemplo do pecado do orgulho” (POSTMAN, 2002, p. 70). Para o autor, um dos grandes mistérios da educação é como se pode explicar a busca pela certeza que se converte rapidamente em um dogmatismo indecoroso, injustificado e não raro letal. Logo, associar a construção do conhecimento a uma atividade em que inerentemente se comete erros e que se procura corrigi-los permite afastar a educação científica da busca da certeza e da autoridade absoluta.

Uma segunda narrativa sugerida por Postman é, sob um ponto de vista prático, perceber como a uniformidade é inimiga da vitalidade e da criatividade. A estagnação ocorre a partir do momento em que nada diferente e novo vem de fora do sistema – Postman utiliza o exemplo dos idiomas, em especial o latim, para fortalecer seu argumento. Para o autor, “sempre que uma língua ou uma forma de arte se fixa no tempo e se torna impermeável, valendo-se somente de seus próprios recursos, ela é punida” (POSTMAN, 2002, p. 80). Para Postman, quando a diferença é tolerada o resultado é um crescimento e vigor. Logo, a uniformidade é inimiga da vitalidade e da excelência; onde ela é praticada não é possível produzir padrão algum de excelência. A diversidade, inclusive, enriquece o senso de excelência ao entender que ser diferente não significa deixar de ter sublimidade.

Uma questão que Postman não levantou, mas é abordada por Forato et al. (2011), é que qualquer narrativa histórica encerra uma visão de ciência e sobre os seus processos de construção. “Ao se construir, utilizar ou divulgar uma determinada versão da HC, está se propagando uma concepção de como a ciência foi construída” (FORATO et al., 2011, p. 30). Assim, para que as propostas de Postman se efetivem dentro dos princípios da aprendizagem significativa crítica, é necessário

que a abordagem de história e filosofia da ciência ocorra por meio de uma epistemologia coerente com a proposta de um ensino subversivo para uma educação científica. Caso contrário, estar-se-ia incorrendo na debilidade apontada por Moreira (2004) de produzir uma pesquisa em educação em ciências sem marco teórico ou com um suposto referente teórico que não se articula com o objeto de estudo.

Apesar do discurso racionalista, que atribui regras e métodos a ciência, uma análise da história da ciência permite perceber que tais regras e métodos por inúmeras vezes não foram obedecidos, sejam quais forem estas regras e métodos. Damasio e Peduzzi (2015) acreditam que nem sempre a abordagem de história e filosofia da ciência pode contribuir para um ambiente no qual se fomente um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. Segundo este ponto de vista, as visões racionalistas de ciência, como as de Karl Popper e Mario Bunge, não só não se afastam dos conceitos fora de foco como acabam reforçando-os. Para estes autores, uma visão relativística de ciência, como a de Feyerabend, é coerente com uma educação que visa formar pessoas flexíveis, inquisitivas, criativas, inovadoras e tolerantes. Desta forma, a sugestão destes pesquisadores é de que uma abordagem explícita de história e filosofia da ciência pode favorecer uma aprendizagem significativa crítica quando sustentada por uma visão relativística de ciência.

A abordagem relativística de história e filosofia da ciência, no entanto, esbarra em um das dificuldades apontadas por Postman para um ensino subversivo: a falta de materiais instrucionais. Para suprir esta lacuna, os autores deste artigo iniciaram um processo de desenvolvimento de textos didáticos³ em que abordam episódios históricos da ciência com o viés epistemologicamente relativístico. Ainda, nestes textos, apontam como tais ideias podem impactar a educação científica.

Assim, em *Eppur si muove: a defesa do copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu?* descreve-se um ponto de vista distinto daqueles normalmente apresentados acerca dos julgamentos de Galileu. Nele, argumenta-se que no processo de 1616 a Igreja teve uma atitude razoável e que a lógica estava do seu lado e contra Galileu. Também, e com base em Redondi (1991), sustenta que a versão oficial da condenação de Galileu por defender o copernicanismo em 1633 foi uma farsa arquitetada pelo papa Urbano VI para defender a si mesmo e a Galileu de acusações mais graves naquele século. A discussão tem a intenção de apresentar e discutir um ponto de vista diverso acerca desses episódios, particularmente sobre como ele pode

colaborar para a formação de um cidadão do século XXI à luz de uma proposta de ensino potencialmente significativa.

O texto *Considerações epistemológicas relativistas acerca da influência dos resultados negativos de Michelson-Morley na gênese da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein* aborda a amplamente difundida ideia empirista de que os resultados negativos dos experimentos de Michelson-Morley para detectar o movimento da Terra em relação ao éter foram de fundamental importância para o desenvolvimento da relatividade restrita. Para tanto, faz-se uso de entrevistas feitas com o próprio Einstein, falas públicas deste cientista e a autobiografia de Einstein para questionar esta interpretação. O objetivo do texto é fazer uma análise epistemológica explícita de pontos relevantes do episódio procurando desconstruir o modelo empírico sobre a gênese da relatividade restrita.

O estudo de episódios históricos pode ilustrar diferentes processos envolvidos na construção do conhecimento científico. Permite, também, compreender o caráter dinâmico da construção da ciência ao evidenciar que cada época e cultura adota critérios próprios de validação. Devido a estes e outros fatores, a opção para a proposta que segue é utilizar episódios históricos de ciência com um viés relativístico para estabelecer um ambiente de ensino-aprendizagem subversivo pautado pelos onze princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

6.5 PROPOSTA PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Segundo Moreira (2004), existe pouco impacto do conhecimento produzido pela pesquisa em educação em ciências nas salas de aula da educação básica. Muito pouco se percebe em termos de mudanças que possam ser considerados resultados claros do conhecimento produzido pela pesquisa nessa área. A proposta aqui descrita visa justamente levar à educação básica questões oriundas da pesquisa em educação científica discutidas nas seções anteriores.

Tal asserção visa contribuir para contornar as dificuldades apontadas por Postman (2002) para que a escola se torne subversiva. Ele salienta a falta de materiais instrucionais e formação adequada de professores. Os objetivos da proposta aqui apresentada é suprir, também, lacunas apontadas por Massoni (2010) que indica a necessidade de repensar a formação de professores. Segundo esta autora,

existe a necessidade tanto de discutir explicitamente questões de cunho epistemológico durante a formação como de promover ações que permitam capacitar tais professores para levar o debate *sobre* ciência, junto com o *de* ciência, para a educação básica.

Ao propor as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), Moreira (2011) declara fazê-lo tendo como intenção melhorar, ao menos em parte, a situação atual da educação. Para o autor, a escola vigente apresenta aos alunos os conhecimentos que eles devem saber e os estudantes copiam, memorizam e reproduzem nas avaliações tais conhecimentos. Este modelo de narrativa é aceito por todos, desde professores e alunos até pais e diretores. Para Moreira ele é, “na prática, uma grande perda de tempo”.

As UEPS são sequências didáticas orientadas pela Teoria da Aprendizagem Significativa, e podem tanto estimular a pesquisa aplicada como ser usada diretamente em sala de aula. Na presente proposta, ela exerce os dois papéis. Assim, visa contribuir para alterar as opiniões problemáticas sobre o conhecimento científico, principalmente as concepções empírico-indutivistas dos docentes, com a discussão de episódios históricos da ciência dentro de uma perspectiva relativística. Além disto, possibilita instrumentalizá-los para abordar tais questões em sua prática docente na educação básica.

A construção das UEPS envolve aspectos sequenciais. O primeiro é definir o tópico específico a ser abordado, seguido da proposta de uma situação que leve os alunos a expor seus conhecimentos prévios. Após isso, propõe-se uma situação problema em nível bem introdutório que leve em consideração os conhecimentos prévios e que preparem o ambiente para a introdução das questões a serem discutidas, Tais situações-problema podem ser organizadores prévios. Outro aspecto sequencial envolve apresentar o conhecimento a ser discutido levando em consideração os princípios sugeridos por Ausubel para que a aprendizagem possa ser significativa. A seguir, retomam-se aspectos mais gerais e estruturantes dos temas discutidos em nova abordagem, em um nível mais alto de complexidade, por meio de novas situações-problemas. Por fim, a avaliação deve ser pensada para procurar indicativos de aprendizagem significativa.

A proposta aqui descrita encontra-se em anexo. Esta sequência didática foi planejada com o objetivo de fomentar um ambiente de formação de professores em que eles possam discutir conceitos de história e filosofia da ciência e de ciência propriamente dita. Ao mesmo tempo, de permitir que os professores construam suas próprias UEPS para serem usadas em sua prática docente na educação básica.

A proposta de UEPS para a formação de professores é pautada pelos onze princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Ela inicia com uma dinâmica para procurar levantar as concepções prévias dos estudantes, porque, de acordo com primeiro princípio, para ser crítico o estudante tem antes que aprender significativamente. Desta forma, toda a UEPS é planejada para que haja aprendizagem significativa *sobre* e *de* ciência envolvidos nos episódios explorados. Para tanto, procura-se fomentar as duas condições que Ausubel preconiza, a saber: material potencialmente significativo e pré-disposição em aprender.

A UEPS está centrada em situações-problema para serem discutidas dentro de um grupo de professores em formação. Isto porque, de acordo com o segundo princípio, o ensino por meio de questionamentos tende a ser crítico. Dentro da UEPS, o livro texto é apenas mais um material instrucional que os professores em formação poderão consultar, e dentro da proposta existe inclusive a elaboração dos textos citados anteriormente para fazerem parte da diversidade de material. O terceiro princípio sugere que para uma aprendizagem significativa crítica o professor deve usar uma diversidade de materiais instrucionais e fazer uma rigorosa seleção destes.

Tanto o desenvolvimento das atividades como o processo avaliativo procuram fomentar um ambiente em que os alunos sejam agentes da construção de seu conhecimento. As atividades não são propostas para que haja um ensino narrativo, mas sim um processo dinâmico de interação, diferenciação e integração entre conhecimentos novos e pré-existentes, como sugere o quarto princípio da teoria. A abordagem na exposição dialogada *de* e *sobre* ciência é planejada para que os alunos possam conhecer a linguagem, tanto da área da história e filosofia da ciência, como da própria área da ciência discutida no episódio e como isto pode levantar novos questionamentos. Tais atividades procuram se alinhar com o quinto princípio, o qual explicita que para aprender significativamente de maneira crítica não basta só aprender sua linguagem, mas percebê-la como uma nova maneira de conceber o mundo.

A UEPS planejada para a formação de professores sugere aos formandos a construção de UEPS para levar as questões abordadas ao ensino básico. Apenas questões mais gerais são sugeridas pelo professor formador. Os alunos devem desenvolver suas UEPS de maneira individual, optando pelas questões de e sobre ciência que considere mais relevantes de serem abordadas em sua prática docente. Este

procedimento é sugerido no sexto princípio, segundo o qual, ensinar deve levar em consideração que o significado está nas pessoas.

Os textos especialmente escritos para esta proposta, como os dois já mencionados, enfatizam que os cientistas também erram durante o processo de construção do conhecimento científico. Nessa perspectiva, menciona-se que não há nada de errado em errar no processo de aprendizagem, que ocorre por meio da redução de tais erros. O objetivo desta abordagem é um alinhamento com o sétimo princípio, aquele que ressalta que para uma aprendizagem significativa crítica, deve-se ajudar os alunos a reduzirem os erros em seus conhecimentos e habilidades. O organizador prévio procura servir de ponte cognitiva entre o que os professores em formação já sabem e o que será discutido no material potencialmente significativo. Desta forma, espera-se que o docente em formação use o conhecimento prévio específico, com as devidas adaptações, se necessário, para a construção de um conhecimento significativo crítico, tal qual sugere o oitavo princípio.

Ao abordar os episódios da ciência sob um viés relativístico, os autores procuram mostrar que a ciência não produz certezas, que é provisória, questionável e sofre influências das mais diversas tradições. Desta forma, aproxima-se nas UEPS do nono princípio que coloca que a aprendizagem significativa crítica só será construída se os estudantes tiverem a percepção que o conhecimento é uma construção humana. A diversidade de estratégias que contam com a participação ativa dos professores em formação está em consonância com o décimo e décimo primeiro princípios. Segundo estas orientações, devem ser usadas diversas estratégias instrucionais visando à participação ativa do estudante, ainda que tais estratégias devam permitir aos alunos discutirem, negociarem significados e fazerem atividades colaborativas recebendo e fazendo críticas. As atividades propostas pela UEPS para a formação de professores procuram se alinhar com estas orientações.

A proposta de abordagem de episódios históricos para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica pode ser contemplada com a estratégia descrita anteriormente. Entretanto, as sugestões não estarão completas sem a construção das UEPS pelos professores em formação, para sua prática docente na educação básica. Por isto o processo de avaliação da UEPS é tão importante nesta proposta. Não se busca classificar os alunos lhes atribuindo conceitos, mas procurar indícios de aprendizagem significativa e se esta pode ter sido do tipo crítica.

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS – A ESCOLA COMO CENTRO SUBVERSIVO

Postman e Weingartner (1978) propuseram o que chamaram de nova educação, pois consideravam que o sucesso de estudantes na velha educação normalmente está associado a atitudes que não são úteis para cidadãos em um mundo em constantes mudanças socioculturais. A velha educação ensina a não pensar, a não fazer perguntas, a não deduzir as coisas com a própria consciência. Este tipo de educação produz pessoas dependentes de autoridade e que aprendem a fazer isto com dedicação.

A maioria das coisas que são necessárias para o cidadão se adaptar ao mundo contemporâneo, que se caracteriza por rápidas e drásticas mudanças, não é aprendida na escola atual. Desta forma, ela pode se tornar desnecessária. A nova educação procura dar uma finalidade à escolarização dentro da sociedade atual, tendo por objetivo formar indivíduos que possam enfrentar eficientemente a mudança. A proposta de Postman e Weingartner procura ajudar as pessoas a aprenderem estratégias de sobrevivência num mundo em mudança. Eles partem do pressuposto que as atitudes e aptidões necessárias para lidar com a situação de mudanças drásticas são prioritárias e não estão além da capacidade formativa da escola. A escola pode ajudar; para tanto ela precisa ser mudada, pois como está não cumpre este papel. A escola constituída para preparar o cidadão para viver na sociedade atual se torna um centro subversivo.

O tipo de pessoa cultivada na nova educação proposta por Postman e Weingartner é aquela capaz de formar uma nova perspectiva, novos significados que auxiliem a compreender que uma parte de suas crenças mais arraigadas pode não estar tão bem fundamentada, além de que, outros pontos de vista podem ser úteis. Os autores chamam este tipo de pessoa de especialista em detecção de lixo. Um indício revelador de um competente ‘detector de lixo’ é quando uma pessoa não se deixa capturar pelas abstrações arbitrárias da comunidade em que foi criado. Aqueles que são sensíveis às tendências diferentes das de uma cultura parecem subversivos aos outros. Nada existe de mais perigoso aos preconceitos que uma pessoa prestes a descobrir que sua cultura é limitada. Este indivíduo não se deixa alistar por uma ideologia.

O conhecimento, defendem Postman e Weingartner, é movido por perguntas, e novo conhecimento provém da formulação de novas perguntas. Então, o ponto central é que uma vez que se tenha aprendido a fazer perguntas, que sejam substanciais, relevantes e apropriadas, se

terá aprendido como aprender. Desta forma, o indivíduo não será impedido de ser agente de sua aprendizagem e que ela ocorra sobre aquilo que interessar ou que necessite. A arte de fazer perguntas não é ensinada na escola atual, e pior, é desencorajada.

A opção vislumbrada para alterar esta situação é o que os autores chamaram de método de inquérito. Este se propõe como um novo meio de estruturar a sala de aula, com uma nova forma de comunicação e com mensagens diferentes das que normalmente são comunicadas aos estudantes. Ele foi pensado para ser diferente do ambiente escolar tradicional, idealizado para ativar percepções e atitudes diferentes.

O método de inquérito torna o programa atual obsoleto, pois os estudantes gerariam seus próprios enredos ao desenvolver sua própria aprendizagem. A diferença entre a velha escola e o ambiente de inquérito é que a primeira afirma que aprendizagem significa informar ao aluno, já o segundo salienta que a aprendizagem é um acontecimento em si. A finalidade deste método é ajudar as pessoas a aumentar sua capacidade como aprendizes.

O ambiente de inquérito primeiro procura dar confiança aos aprendizes em sua capacidade de aprender, fazer acreditar que tenham capacidade de resolver problemas, e quando falham ao tentar, fazer entender que isto faz parte do processo de aprendizagem. Eles não temem estar errados e não sofrem traumas com isto, aceitam que podem mudar de ideia, mudar o caráter de sua mentalidade. Os bons aprendizes compreendem que as respostas são relativas e que tudo depende do sistema que dentro do qual está se atuando. O que é verdadeiro para um sistema pode não o ser em outro. Também que não há uma resposta absoluta, final e irrevogável para todo e qualquer problema. Sabem fazer perguntas pertinentes e significativas, usam definições e metáforas como instrumentos e empenha-se continuamente em verificar aquilo em que acreditam.

Um ambiente de inquérito, além de requerer que se explorem perguntas, tem a capacidade de gerar perguntas que no início os estudantes não estavam cômicos. Ou seja, as perguntas abertas são instrumentos de uma expansão consciente, que levam a descoberta de que a pergunta original é muito menos significativa que as duas ou três que dela surgiram. A razão principal para a escolha do método do inquérito, segundo Postman e Weingartner, é que o ensino por meio de perguntas leva diretamente a sondagem da relação entre áreas, que permite o desenvolvimento de uma visão original dos conhecimentos em detrimento da visão tradicional segmentada. Esta diferença entre a

percepção dos conhecimentos como processo-orientados e estáticos é a diferença crucial entre os ambientes de inquérito e da escola tradicional.

A proposta apresentada neste artigo para a formação de professores tem como orientação filosófica tornar os professores em formação 'detectores de lixo'. Desta forma, eles poderão perceber maneiras de ensinar ciência que levam a um entendimento da natureza da ciência que pode gerar pessoas que não se adaptariam a uma sociedade contemporânea marcada por mudanças rápidas e drásticas. Espera-se que a prática docente destes professores seja influenciada por esta formação e que eles levem o ambiente de inquérito até a educação básica. Se os objetivos forem alcançados, irá se fomentar uma atmosfera na qual será possível encontrar pessoas não passivas, que questionam a autoridade quando não concordam com ela.

Uma escolarização assim construída institui um ambiente que Postman e Weingartner chamaram de centro subversivo. Em relação especificamente ao ensino de ciência, Postman (2002) sugere que seja abordado explicitamente tanto à história como à filosofia da ciência. Não obstante, qualquer abordagem deste tipo subentende um posicionamento epistemológico que deve estar de acordo com as propostas de Postman. Neste artigo entende-se que uma postura relativística, como a de Paul Feyerabend, pode desempenhar este papel, quando se utiliza uma abordagem explícita de história e filosofia da ciência sustentada pela epistemologia deste autor.

Referências bibliográficas.

ARTHURY, L.H.M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

BASTOS, F. História da ciência e pesquisa em ensino de ciências: breves considerações. In: NARDI, R. (org.) **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, 1998.

CUNHA, A. M. O. A mudança epistemológica de professores num contexto de formação continuada. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 235-248, 2001.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a teoria da aprendizagem significativa crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 61-83, 2015.

FERNÁNDEZ, I. et al. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

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

GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GUERRA, A.; REIS, J.C.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 224-248, 2004.

KLEIN, M. J. Use and Abuse of Historical Teaching in Physics. Em S. G. Brush & A. L. King (eds.) **History in the Teaching of Physics**. Hanover: University Press of New England, Hanover, 1972.

MAGALHÃES, S. I. R. e TERNEIRO-VIEIRA, C. Educação em ciência para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Pensamento crítico. Um programa de formação de professores. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 19, n. 2, p. 85-110, 2006.

MARTINS, A.F.P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras neste caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MASSONI, N.T. **Estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de física**. 2005. 275 f. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MASSONI, N.T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física**. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentalização para o ensino de física. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MOREIRA, M.A. A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10-17, 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M.A. Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2009.

MOREIRA, M.A. Unidades de enseñanza potencialmente signifivos – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

PEDUZZI. L.O.Q. Sobre a utilização didática de história da ciência. In:

PIETROCOLA, M. (org.) **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

POSTMANM, N.; WEINGARTNER, C. **Contestação – nova fórmula de ensino**. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1978.

POSTMAN, N. **Tecnopólio – a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

POSTMAN, N. **O fim da educação – redefinido o valor da escola**. Rio de Janeiro: Graphia, 2002.

PUJALTE, A.P.; BONAN, L.; PORRO, S.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciênc. Educ.**, v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.

RAICIK, A.; PEDUZZI, L.O.Q. Um resgate histórico e filosófico dos estudos de Charles Du Fay. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 1, p. 105-125, 2015.

REDONDI, P. **Galileu herético**. São Paulo: Companhia das Letras, 1991.

SILVA, C. C. e MARTINS, R. A. A teoria de cores de Newton: um exemplo de uso de história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, D.A. **Aspectos epistemológicos da física newtoniana na formação científica**. 2009. 196 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

WHITAKER, M. A. B. History and Quasi-history in Physics Education Pts I, II. **Physics Education** 14, 108-112, 239-242, 1979.

Notas

¹ Silva (2009) critica a linguagem usada por alguns autores, como Gil Perez et al. (2001), ao se referirem ao que chamam de imagem deformadas do trabalho científico. Para Silva, o termo trabalho pode levar a distorções sociológicas do que realmente se quer tratar, e sugere vocábulos como conhecimento ou saber para designar o resultado do fazer ciência. Silva também critica a expressão ‘deformado’, pois dá a entender que existe uma única forma de compreender a ciência e sugere o termo problemático em seu lugar, pois dentro do campo filosófico o vocábulo oferece dúvida e possibilidades alternativas. O autor sugere o uso da expressão opinião no lugar de imagens ou visões, pois imagem, em filosofia, requer certo cuidado ao ser usado para não gerar interpretações dúbias. Já o termo opinião, no sentido filosófico, é sinônimo de intuição, assim justifica-se seu uso, pois o estudante não cria uma visão ou imagem da ciência, mas sim uma crença que não possui segurança de validade. Portanto, a redação mais coesa no sentido filosófico é de opinião problemática do fazer ou do conhecimento científico.

² Entende-se por epistemologia neste trabalho, o ramo da filosofia que se ocupa das teorias de produção do conhecimento e seu processo de evolução. É usual relacionar ela a ciência ao associá-la ao estudo crítico da natureza, além dos princípios, validade, alcance e justificação da natureza, ou seja, uma verdadeira filosofia da ciência. Deste modo, filosofia da ciência ou epistemologia da ciência podem se entendidas como sinônimos (MASSONI, 2010).

³ Os textos mencionados são discutidos em artigos específicos. Aos leitores que tiverem interesse nos textos, os autores os disponibilizam via email.

Anexo

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa da proposta para a formação de professores

Objetivo: discutir episódios históricos sob um viés relativista durante a formação inicial procurando fomentar um ambiente de ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica.

Sequência

1. *Situação inicial:* desenvolver uma dinâmica de grupo para levantar as concepções prévias dos professores em formação acerca dos episódios abordados. Ela pode ser por meio de construção de mapas conceituais e de sua apresentação e discussão ao grupo. Exemplos deste tipo de dinâmica podem ser encontrados na literatura (PACHECO e DAMASIO, 2009).

2. *Situações-problema:* Após, propõe-se uma situação-problema em nível bem introdutório, que leve em consideração os conhecimentos prévios e que preparem o ambiente para a introdução das questões a serem discutidas. Tais situações-problema podem ser organizadores prévios, os quais se sugerem que possam ser constituídos pela exposição de algum documentário, ou trechos de algum, selecionados dos mesmos, que reforcem visões historiográficas e epistemológicas diferentes das abordadas nos textos escrito sob o viés relativista.

3. *Revisão:* a discussão expositiva-dialogada, a princípio, deve abordar explicitamente questões de história e filosofia da ciência. Para

tanto, o professor formador trará o debate do texto escrito para a proposta com suas questões de ciência. Também procurará explicitar como a epistemologia de Paul Feyerabend sustenta tal abordagem sobre ciência. Concomitantemente à discussão da natureza da ciência pelo professor formador, ele trará questões *de* ciência que sejam relevantes para entender o conhecimento científico envolvido em cada episódio – desta forma espera-se fomentar um ambiente de ensino *de e sobre* ciência.

4. *Nova situação-problema*: O quarto aspecto sequencial é apresentar o conhecimento a ser discutido levando em consideração os princípios sugeridos por Ausubel para que a aprendizagem possa ser significativa. Na proposta podem ser questões relativas à história e filosofia da ciência discutidas anteriormente, tais como: i) há mais de uma maneira de abordar os episódios históricos discutidos? ii) existe apenas uma história da ciência ou existem histórias da ciência que dependem de como se concebe seu processo de construção?

5. *Avaliação somativa individual*: para uma avaliação formativa, além de diagnóstica, uma nova situação-problema será discutida especificamente sobre a instrumentalização dos professores para abordar estas questões de cunho epistemológico na educação básica junto com a abordagem de conceitos de ciência propriamente dita. Pode haver uma discussão inicial sobre a construção de UEPS, do ensino subversivo e da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Após isto, a questão mais geral será colocada: como o episódio estudado pode construir para a formação de um cidadão preparado para viver na sociedade contemporânea? A sugestão do professor-formador é que seja por meio de UEPS. Desta forma, indica-se aos docentes em formação a

construção de UEPS abordando questões *de* e *sobre* ciência relacionadas aos episódios estudados. O professor-formador indica uma questão inicial: de que maneira o episódio estudado é tratado pelos meios de comunicação, sejam eles obras literárias, de divulgação científica ou universitárias, além de revistas especializadas ou não em ciência, televisão, rádio e *internet* – existe uma pluralidade de pontos de vista?

6. *Discussão expositiva integradora final*: os alunos apresentam suas UEPS para os colegas para que sejam feitas críticas e sugestões, conforme sugere Massoni (2010). A discussão poderá indicar diferentes caminhos seguidos pelos professores, dependendo do significado por eles atribuídos ao tema em questão. É importante na avaliação perceber se a proposta de cada professor contemplou aspectos *de* e *sobre* ciência.

7. *Avaliação de aprendizagem da UEPS*: na apresentação da UEPS é possível observar indícios de aprendizagem significativa. Uma avaliação que busque evidências de aprendizagem significativa deve utilizar questões e problemas que sejam novos e não-familiares e que requeiram máxima transformação do conhecimento. No mínimo, serem fraseadas de maneira diferente a do material instrucional, sendo que o ideal seria solicitar ao aprendiz uma tarefa de aprendizagem sequencialmente dependente da do material instrucional, que sem o perfeito domínio do conceito não é possível (MASINI e MOREIRA, 2001). Outro ponto a ser avaliado é se na UEPS dos professores em formação permite fomentar um ambiente orientado pelos onze princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

8. *Avaliação da própria UEPS*: por meio de um grupo focal, conforme técnica sugerida por Gomes e Barbosa (1999), iniciar a discussão com a apresentação de algum outro episódio famoso da

história da ciência não abordado, até então, encontrado em obras literárias, de divulgação científica ou universitárias, revistas especializadas ou não em ciência, televisão, rádio e *internet*. Após isto, dar início ao grupo focal com a questão: podemos aceitar tal abordagem de história da ciência sem uma reflexão mais aprofundada? Se os professores em formação levantarem questões de que devem existir outros pontos de vista, outros vieses epistemológicos e que outras fontes são necessárias para aprofundar as questões, haverá indícios de aprendizagem significativa crítica e de uma avaliação positiva da proposta de se construir um ambiente de ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica.

Total de horas-aula: 24

Referências bibliográficas

GOMES, M.E.S.; BARBOSA E.F. A técnica de grupos focais para obtenção de dados qualitativos. **Instituto de Pesquisa e Inovações Tecnológicas**, 1999. Retirado em 11/05/2011, no *world wide web*: <http://www.educativa.org.br>.

MASINI, E.F.S.; MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M.A. Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MASSONI, N.T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física.** 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PACHECO, S.M.V; DAMASIO, F. Mapas conceituais e diagramas V: ferramentas para o ensino, a aprendizagem e a avaliação no ensino técnico. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 2, p. 166-193, 2009.

Capítulo 7

**A DEFESA DO
COPERNICANISMO TEVE
PAPEL CENTRAL NAS
CONDENAÇÕES DE
GALILEU? – O DEBATE E
SUAS POSSÍVEIS
IMPLICAÇÕES PARA A
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
POR MEIO DE UNIDADES
DE ENSINO
POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVAS**

7 A DEFESA DO COPERNICANISMO TEVE PAPEL CENTRAL NAS CONDENAÇÕES DE GALILEU? – O DEBATE E SUAS POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA POR MEIO DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS²³

7.1 INTRODUÇÃO

Segundo uma crença bem conhecida em torno do julgamento de Galileu, após ser anunciada a sua condenação pelo Santo Ofício em 1633, ele teria resmungado: *Eppur si mouve* (mas que ela se move, se move) (STRATHERN, 1999). Isto reforça a ideia de que, mesmo condenado pela Igreja por seu copernicanismo, Galileu continua fiel às ideias do autor de *De revolutionibus orbium coelestium* (Da revolução das esferas celestes), apresentando-se como um baluarte do racionalismo contra a retrógrada Igreja Católica.

Apesar da condenação de Galileu ter ocorrido na primeira metade do século XVII, este tema ainda desperta controvérsias depois de mais de 350 anos. Um exemplo disto é que, em 1980, o cardeal Paul Poudard presidiu uma comissão designada pelo Vaticano para reavaliar o caso Galileu. Sua conclusão, cerca de dois anos depois, foi que os inquisidores cometeram um erro de julgamento, e que este erro deveria ser reconhecido publicamente. Tal parecer levou o papa João Paulo II a reabilitar oficialmente Galileu. Na ocasião, ele declarou que “os erros dos teólogos da época, quando eles manifestaram a centralidade da Terra, foi pensar que nossa compreensão da estrutura física do mundo era, de certa forma, imposta pelo sentido literal da Sagrada Escritura” (FOLHA DE S. PAULO, 1992).

Galileu desperta interesse para além das fronteiras da ciência. Assim, por exemplo, na lista dos 100 livros essenciais da literatura mundial, publicada pela Revista Bravo! (FREITAS, 2011), entre as cinquenta primeiras obras está a de Bertolt Brecht intitulada “A vida de Galileu Galilei” (BRECHT, 1991) – nenhum outro cientista aparece na lista. Segundo Brecht, mesmo perseguido pela Santa Inquisição, coube a Galileu comprovar aos homens o verdadeiro desenho do universo (BOTTON, 2012). A peça, além de não deixar dúvida sobre o papel do copernicanismo na punição de Galilei, também mostra que um dos motivos que levou ao seu julgamento foi à fúria do papa Urbano VIII.

²³ Publicado em *A Física na Escola*, v. 14, n. 2.

A ampla disseminação de que a pena de Galileu está vinculada a sua defesa da doutrina copernicana também é feita por livros de divulgação. Gleiser (2006) afirma que a publicação do *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (Diálogos sobre os dois principais sistemas de mundo) deixou o papa furioso e que ele foi condenado “pelo Sagrado Tribunal da Inquisição e forçado a declarar publicamente, sob pena de tortura, que as ideias de Copérnico erram errôneas e heréticas” (op. cit., p. 78). Mariconda e Vasconcelos (2006) colocam que a publicação do *Dialogo* levou os adversários de Galileu a oferecerem denúncia, seguido de seu julgamento pelo Santo Ofício em Roma. As acusações seriam ligadas à defesa do copernicanismo e Galileu foi obrigado a, publicamente, recitar a abjuração, “ficando proibido, a partir de então, o sistema copernicano e a obra de Copérnico *quovis modo*” (op. cit., p. 127).

Tal entendimento também é propagado por livros-textos universitários de história da ciência. Por exemplo, segundo Ponczek (2011), a Igreja considerou o *Dialogo* tendenciosamente copernicano e devido a isto ele foi processado e condenado pela Inquisição, “sendo recentemente absolvido pela Igreja, que reconheceu seu erro” (op. cit., p. 87). Pires (2008) afirma que o *Dialogo* tinha como principal objetivo mostrar a validade da teoria copernicana. O papa Urbano se sentiu enganado pela publicação da obra e enviou o caso à Inquisição. Após o julgamento, “na sentença, foi declarado ‘veemente suspeito de heresia’, obrigado a abjurar a doutrina copernicana” (op. cit., p. 129).

Na versão brasileira do *Dialogo*, em sua introdução, Mariconda (2011) não deixa dúvida de que a obra foi a principal responsável pelo julgamento de Galileu. Também que sua condenação se deveu à defesa do heliocentrismo. No entanto, existem estudos que discordam de tal perspectiva, entre eles, o de Pietro Redondi (1991), para quem a condenação oficial de Galileu foi o desfecho de um drama, não o drama. Discordâncias em interpretações de episódios da história da ciência são normais e salutares, em um campo de pesquisa ativo. A versão de Redondi foi publicada inicialmente durante a década de 1980, no entanto, parece ser desconsiderada ou desconhecida na maioria dos textos que discutem os julgamentos de Galileu. Estes normalmente se limitam a apresentar a história oficial.

Ao discutir outro ponto de vista sobre o julgamento de Galileu, este artigo pretende contribuir para mostrar, como defende Feyerabend (2007), que a história da ciência é muito mais variada, multifacetária e sutil do que o melhor historiador ou metodólogo poderia imaginar. Nessa linha, e na perspectiva de que episódios históricos podem ser

úteis para a formação de estudantes mais críticos, examina-se como os julgamentos de Galileu podem subsidiar discussões à luz do ensino subversivo proposto por Postman (1978) e da aprendizagem significativa crítica de Moreira (2005) por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

7.2 A HAGIOGRAFIA DE GALILEU

Por história pode-se entender o conjunto de acontecimentos, situações e fatos do passado. Por historiografia considera-se a produção dos historiadores, o discurso sobre a história, que é essencialmente apresentado através do texto escrito, que tem como objetivo expor uma interpretação sobre os fatos históricos. Historiografia é, então, a escrita da história, mas ela não é somente isso; é uma disciplina que se ocupa com a pesquisa histórica, em como fazer a coleta e seleção de dados, como realizar a sua análise e com qual orientação teórica. A pesquisa historiográfica define critérios para direcioná-la, que se baseiam na concepção epistemológica e científica que se tem do objeto de estudo e da própria história (CRUZ, 2006).

Forato *et al.* (2011) colocam requisitos da historiografia contemporânea ao se tratar de relatos de história da ciência. Qualquer narrativa de história da ciência traz consigo, de maneira explícita ou implícita, os valores, crenças e orientações metodológicas de seu autor. Muitas vezes nas entrelinhas de um texto percebe-se uma visão de ciência diferente daquela que se busca defender. Um dos equívocos que se pode cometer ao narrar história da ciência é a reconstrução linear de episódios. O passado é organizado como se a ciência seguisse etapas encadeadas logicamente, cujo resultado final seria fatalmente encontrado.

Lilian Martins (2005) alerta para dois vícios historiográficos. O primeiro consiste em uma história da ciência descritiva, cheia de datas e informações que não têm qualquer relevância para o assunto estudado. Este tipo de história da ciência apresenta, muitas vezes, alguns indivíduos como gênios que tiraram suas ideias e contribuições do nada e os outros como personagens irrelevantes. É comum, também, ver-se obras centralizadas em um cientista específico – como Galileu, Einstein ou Darwin – denotando todos os que não aceitavam suas ideias e seus antecessores como tendo opiniões equivocadas. Um segundo tipo de vício historiográfico seria o que Herbert Butterfield (1900-1979)

chamou de interpretação *whig* da História, também conhecido como whiggismo. Este tipo de anacronismo deve-se a uma interpretação de eventos históricos com o objetivo de enaltecer a autoridade de pensadores ou instituições do passado com a finalidade de discorrer a história de maneira linear. Aspectos históricos são usados como recursos para promover uma espécie de heroificação de certos grupos, indivíduos ou instituições políticas ou religiosas. No contexto escolar, o whiggismo engrandece a contribuição de um único personagem da ciência com o objetivo de enaltecer sua genialidade e omite conhecimentos propostos anteriormente e contribuições de contemporâneos e membros de um mesmo grupo.

Allchin (2004) chama de hagiografia um tipo de whiggismo que procura romantizar certos pensadores sobrevalorizando suas contribuições. Este termo é normalmente usado para descrever biografias de santos e mártires, que são feitas de modo parcial a favor do biografado. Segundo Forato *et al.* (2011), Allchin usa este termo para enfatizar versões de história da ciência que procuram não apenas santificar um cientista, mas também omitir seus erros e apresentam as conjecturas como um modelo idealizado de pensamento científico. Neste tipo de abordagem, não raro, os rivais do biografado são apresentados de uma forma que minimiza, ou mesmo ridiculariza, suas contribuições relativas ao tema que está sendo considerado. O problema, conforme os autores, não é a admiração de pessoas que se destacam e podem receber o adjetivo de brilhantes, mas em descrever uma história da ciência de forma a fomentar a ideia de que a ciência é construída de acordo com esta visão romântica.

Segundo Feyerabend (2007), o julgamento de Galileu, apesar de ser mais um, entre muitos outros, foi inflado a proporções enormes. Hoje, do modo como ele é descrito, as coisas mais parecem como “uma batalha entre o céu e o inferno” (op. cit., p. 183). De acordo com o filósofo da ciência, foram interesses partidários que desempenharam grande papel na hagiografia de Galileu.

7.3 O CONTEXTO DOS JULGAMENTOS DE GALILEU

A Igreja Católica sofreu diretamente com as mudanças ocorridas durante o século XVI, devido a movimentos religiosos que deixaram de reconhecer a autoridade papal e dogmas católicos. Tais movimentos, entre eles o luteranismo, calvinismo e anglicanismo, são conhecidos com o nome genérico de Reforma. Aos movimentos que neste período

romperam com o Vaticano deu-se o nome de protestantismo (TOTA e BASTOS, 1994).

Com o seu enfraquecimento, a Igreja Católica articulou um movimento de reação para impedir que a Reforma se expandisse. Esta reação ficou conhecida como Contra-Reforma. Para a restauração do seu poder, uma das instituições que ganhou força foi o antigo tribunal da Santa Inquisição, onde eram julgados os suspeitos de heresia. Concomitantemente, foi instaurado o *Index Librorum Proibitorum*, que constituía em uma lista de livros proibidos para um católico (ibid.).

Para formular um programa de novas formas de combater o recente cenário foi convocado o Concílio de Trento – uma reunião de cardeais, que teve início no ano 1545 e se prolongou até 1563 – que pregava a fidelidade da fonte bíblica (RIBEIRO, 2006). Na seção XIII do Concílio, o capítulo 4 é dedicado a Transubstanciação da Eucaristia.

Uma vez, porém, que Cristo Nosso Redentor disse que aquilo que oferecia sob a espécie de pão era verdadeiramente o seu corpo (Mt 26, 26; Mc 14, 22 ss; Lc 22, 19 ss; 1 Cor 11, 24 ss.), sempre houve na Igreja de Deus esta mesma persuasão, que agora este santo Concílio passa a declarar: Pela consagração do pão e do vinho se efetua a conversão de toda a substância do pão na substância do corpo de Cristo Nosso Senhor, e de toda a substância do vinho na substância do seu sangue. Esta conversão foi com muito acerto e propriedade chamada pela Igreja Católica de transubstanciação (MONTFORT, 2014).

Ainda na seção XIII estão publicados os cânones sobre a Eucaristia, entre eles dois que iriam atingir diretamente a Galileu no século seguinte:

Cân. 1. Se alguém negar que no Santíssimo Sacramento da Eucaristia está contido verdadeira, real e substancialmente o corpo e sangue juntamente com a alma e divindade de Nosso Senhor Jesus Cristo, e por conseguinte o Cristo todo, e disser que somente está nele como sinal, figura ou virtude — seja excomungado.

Cân. 2. Se alguém disser que no sacrossanto sacramento da Eucaristia fica a substância do pão e do vinho juntamente com o corpo e o sangue de

Nosso Senhor Jesus Cristo; e negar aquela admirável e singular conversão de toda a substância de pão no corpo, e de toda a substância do vinho no sangue, ficando apenas as espécies de pão e de vinho, que a Igreja com suma propriedade (aptissime) chama de transubstanciação — seja excomungado (MONTFORT, 2014).

White (2009) afirma que um dos pontos-chave que diferencia os católicos dos protestantes, ainda hoje, é justamente a crença católica na transubstanciação – alçada a dogma no Concílio de Trento. Para os protestantes, trata-se apenas de um simbolismo que representa o corpo e sangue de Cristo. Portanto, “é possível que alguém seja católico e copernicano, mas não é possível que seja católico e desrespeite o postulado da Eucaristia” (op. cit., p. 225).

A palavra transubstanciação, que surgiu no século XII, estava destinada a ser uma das mais pronunciadas e escritas na história europeia. Quando São Tomás de Aquino liderou a teorização da transubstanciação, estava pautado pela doutrina aristotélica da matéria, que foi usada, em grande parte, por permitir enfrentar os problemas da eucaristia. Nela, as coisas têm uma natureza dual, a substância e o acidente. Por substância entende-se algo como a alma da coisa; acidente é um eufemismo para corpo. A doutrina católica prega que durante a comunhão existe uma troca da substância do pão e do vinho pela do corpo e sangue de Cristo, mas o acidente não é afetado (ibid.).

A doutrina aristotélica permitia reduzir o mistério da eucaristia a apenas um milagre: a separação de um corpo de sua extensão (Redondi, 1991). Para Aquino, a eucarística é formada de fenômenos sensíveis separados da substância. “Com a teoria tomista dos ‘acidentes sem sujeito’, a doutrina da transubstanciação fora colocada sob um abrigo racional” (op. cit., p. 238).

A Igreja Católica se apropriou oficialmente da ideia dos “acidentes sem sujeito”, que conjugava uma metafísica da matéria: a substância era o ser em si, sem necessidades de sujeito para existir. Os acidentes ligados virtualmente à substância tinham esta realidade alterada quando havia a consagração. A adoção oficial da teoria da matéria aristotélica-tomista banuiu pela escolástica o atomismo democritiano (ibid.).

Em *Summulae in libros physicorum Aristotelis*, Guilherme de Occan estipulava que a substância só era perceptível por seus atributos

ligados à extensão, crescendo e diminuindo até as dimensões de um ponto matemático. Occan, portanto, no século XIV, tinha um ponto de vista diferente da filosofia aristotélica-tomista. Galileu, ao conhecer Occan, ainda quando estudante, deve ter ficado impressionado com essa ideia. Mesmo que oficialmente Occan declarasse que acreditava na transubstanciação – mais como uma questão de dialética – em sua obra *Tractatus de sacramento altaris* defendia que os acidentes eucarísticos (cor, sabor, peso e todos os outros fenômenos sensíveis) eram *quanta* dotados de comprimento, largura e profundidade. O atomismo nominalista e a associação entre quantidade e substância foram condenados pela Igreja em 1347, mesmo que a doutrina tomista oficial ainda não tivesse sido consagrada como dogma (ibid.).

O Concílio de Constança, em 1415, interviu com rigor contra as ideias occamistas. No dia 6 de julho apropriava-se oficialmente da doutrina dos acidentes sem sujeitos. “O Concílio de Constança havia assim, aos olhos de muitos contemporâneos, colocado Aristóteles sobre os altares católicos” (REDONDI, 1991, p. 246). Em Trento, os padres conciliares formularam o dogma da permanência das espécies durante a eucaristia, e partir de então a teoria dos acidentes reais sem sujeito passou a ser uma conclusão da fé.

Logo, qualquer um que defendesse e publicasse ideias contrárias à filosofia de Aristóteles no sentido da natureza da matéria estaria infringindo as ideias de Santo Agostinho, transformadas em dogma durante o Concílio de Trento. Galileu, em seu livro *Il Saggiatore* (O Ensaaiador), defende uma teoria atômica antiaristotélica. A ordem dos jesuítas, fundada por Inácio de Loyola em 1534, que fortaleceu o catolicismo e defendeu os dogmas do Concílio de Trento, atacava todos que julgasse que se opunham a suas convicções contrarreformistas, entre os quais, Galileu Galilei.

Os jesuítas eram também educadores e pesquisadores. Fundaram uma universidade em Roma (Colégio Romano) que se dedicava ao ensino de gramática, ciências humanas e doutrina cristã. Também ensinava matemática e astronomia – o calendário gregoriano foi idealizado por um professor da instituição, Christopher Clavius (MOURÃO, 2003). Entre os grandes rivais de Galileu no século XVI, muitos ensinavam no Colégio Romano e o viam como inimigo dos dogmas tridentinos – em especial, o da transubstanciação.

Qualquer um que negasse a doutrina aristotélica da matéria estava em conflito direto com os dogmas estabelecidos durante o Concílio de Trento, como o fez Galileu em *Il Saggiatore*. É possível, então, entender os motivos dos jesuítas não apreciarem, e denunciarem, as suas obras ao

Santo Ofício. A ordem era particularmente dedicada a atacar qualquer oposição ao conceito da transubstanciação. Em especial, Orazio Grassi vai ser decisivo para se entender os episódios de 1633, que teve como denúncia central, sustenta-se aqui, com Redondi (1991), não a defesa do copernicanismo, pela qual Galileu já fora advertido em 1616, mas a heresia contra o dogma da transubstanciação.

Antes, no entanto, a discussão do episódio de 1616 parece relevante para se entender que a Igreja Católica pode não ter tido um comportamento tão autoritário e arbitrário como se descreve nos eventos do século XVII. E mesmo, como alguns autores defendem, que a razão pode ser colocada no lado do Vaticano, no caso de 1616.

7.4 O JULGAMENTO DE GALILEU DE 1616

A chamada ‘Revolução Copernicana’ é um fenômeno bastante complexo. Frente a seu caráter multifacetário, a discussão de vários aspectos ligados a esse tema pode ajudar a entender sua complexidade. A primeira questão, de cunho epistemológico, a se abordar é a existência de dois diferentes programas dentro da astronomia que remontam desde a Grécia clássica: a astronomia matemática e a astronomia física.

O programa astronômico de Platão deu origem à astronomia matemática, onde a questão da falsidade ou veracidade das teorias não era relevante (PEDUZZI, 2015). O essencial era a utilidade dos predicados com suas explicações e previsões. De acordo com Duhem (1963), o astrônomo dentro deste programa devia se resguardar da hipótese que seus sistemas representam movimentos reais dos astros. O sistema ptolomaico pode ser colocado dentro do programa da astronomia matemática. Por sua vez, as raízes da astronomia física alcançam a cosmologia aristotélica. As entidades postuladas por teorias dentro desta linha não são meros instrumentos de cálculo; elas procuram descrever a realidade física. Tradicionalmente, ficaram conhecidos como instrumentalistas e realistas os alinhados, respectivamente, com a astronomia matemática e a astronomia física (PEDUZZI, 2015).

Existem controvérsias sobre em que segmento da astronomia se situa o heliocentrismo copernicano. O prefácio da obra, escrito pelo pastor luterano Andreas Osiander, sem a autorização de Copérnico, ressalta o seu caráter hipotético (GINGERICH, 2008). Mas houve reações contundentes contra essa interpretação. Kepler, por exemplo, ficou particularmente indignado com o prefácio, pois, “ao contrário da grande maioria dos astrônomos do século XVI, ele era um realista e

acreditava que Copérnico também era” (op. cit, p. 182). Como será explicado a seguir, a questão sobre se as previsões astronômicas pretendiam ou não uma descrição real foi fundamental para o julgamento de 1616.

Feyerabend (2010) apresenta o embate entre Galileu e a Igreja como um conflito entre tradições. Galileu era um especialista em uma área bastante particular, que compreendia matemática e astronomia. A Igreja considerava o conhecimento astronômico relevante a ponto de ser praticado por vários de seus membros. Mas os modelos oriundos da astronomia não podiam ser relacionados com a verdade “sem mais nem menos” (op. cit., p. 298). Este ponto de vista é defendido na famosa carta do cardeal Berllarmino (responsável pela condenação de Bruno a fogueira e pelo julgamento de Galileu em 1616) em resposta ao monge carmelita de Nápoles sobre a pergunta concernente à realidade do sistema copernicano:

Essa maneira de falar é suficiente para um matemático. Mas querer afirmar que o Sol, verdadeiramente, está no centro do universo e gira em torno de seu próprio eixo sem ir de leste para o oeste é uma atitude muito perigosa e calculada não só para provocar todos os filósofos escolásticos como também para ferir nossa fé sagrada ao contradizer as Escrituras (FINOCCHIARO, 1989).

Em termos modernos, o cardeal afirmava que o fato de um modelo ser útil e funcionar não implica necessariamente que a realidade é estruturada com base nele. Segundo Feyerabend (2010, p. 298) “essa ideia sensata é um ingrediente elementar da prática científica”, pois aproximações são comuns em ciência, usadas porque facilitam os cálculos dentro de um domínio restrito. Porém, a doutrina copernicana, devido a sua coerência e sucesso parcial, foi considerada como um correspondente da realidade. Por exemplo, por defensores do modelo, como Rheticus e Mästlin.

Foi somente no processo de 1616 que a doutrina copernicana foi examinada pelos estudiosos da Igreja, e criticada. Como consequência, Galileu recebeu uma ordem, mas não foi punido. Segundo Feyerabend (2007), a Igreja Católica agiu de maneira correta no julgamento de Galileu, pois “a ciência não tem a última palavra em assuntos humanos, incluído aí o conhecimento” (op. cit, p. 184). Galileu era um defensor da

tese realista do sistema copernicano, que gerava como consequência uma nova atitude com relação à Sagrada Escritura. O que a Igreja fez foi lhe dizer que se limitasse a lidar com o copernicanismo no âmbito de uma hipótese matemática.

O episódio de 1616 foi precedido por denúncias e boatos, que envolveram inveja, adulações, disputa por melhores posições dentro da Igreja etc. A Inquisição examinou as denúncias contra Galileu e ordenou que especialistas emitissem uma opinião sobre a doutrina copernicana. O parecer dizia respeito a dois pontos que hoje se reconhece como seu conteúdo científico e suas implicações sociais.

No primeiro ponto, os especialistas consideraram a teoria como “insensata e absurda em sua filosofia”, o que para Feyerabend implica, em termos modernos, classificá-la como não científica. Tal parecer não fez alusão à fé ou à doutrina da Igreja, fundamentando-se apenas em função da situação científica da época. Muitos estudiosos desse período, que hoje são admirados, compartilhavam da mesma opinião em relação à falta de sustentação do sistema copernicano, sendo contrários a adoção deste sistema. Dentre eles estava Tycho Brahe.

No *Dialogo*, Galileu deixa claro que a crença na doutrina copernicana não tinha vantagens em relação às suas rivais. Ele chega a chamar a adesão ao copernicanismo de violência aos sentidos. Isto fica bem explicitado na terceira jornada, quando o personagem Salviati (que faz papel de copernicano e defende as ideias de Galileu) faz considerações sobre a opinião de Copérnico:

[...] eu fico estupefato de que se tenha até aqui encontrado quem a tenha abraçado e seguido, nem posso admirar o suficientemente a emissão do engenho daqueles que a receberam e a consideraram verdadeira, e com vivacidade de seu intelecto fizeram tal força aos próprios sentidos, que tenham podido antepor o que lhes ditava o discurso ao que lhes mostravam as experiências sensíveis abertamente contrárias. Que as razões contra a revolução diurna da Terra, já examinadas por vós, tenha grandíssima aparência, já o vimos, e terem sido consideradas como concludentíssimas pelos ptolomaicos, aristotélicos e todos os seus seguidores, é um argumento muito forte de sua eficácia; mas aquelas experiências, que são claramente contrárias ao movimento anual, são uma aversão tanto mais aparente, que

(volto a dizer) não posso encontrar limite para minha admiração de como tenha podido, em Aristarco e Copérnico, a razão fazer tanta violência aos sentidos, que contra estes ela se tenha tornado soberana de sua credulidade (GALILEI, 2011, p. 410).

Feyerabend defende que, se os cientistas e filósofos modernos estivessem na situação do julgamento de 1616, eles teriam dado o mesmo veredito em relação ao absurdo e insensatez em filosofia da doutrina. “Quase todos os filósofos da ciência que escrevem hoje teriam concordado com Bellarmino que o caso de Copérnico era realmente muito frágil” (2010, p. 307). A medição da paralaxe estelar, que poderia ser decisiva para a adoção do sistema copernicano, foi feita apenas em 1838. Logo, o ponto de vista assumido por Bellarmino, no século XVII, ao censurar a defesa da doutrina copernicana como correspondente a uma realidade física, é totalmente aceitável.

Os cientistas modernos, então, não podem louvar Galileu, defender Copérnico e ainda aderir a seus próprios padrões escritos. Eles têm que concordar com a avaliação dos especialistas ouvidos pela Igreja Católica ou então admitir que possa ser apresentada como fundamental uma doutrina obscura, incoerente e não fundamentada, mas poderiam também concordar com Kepler. “Apenas poucos admiradores de Galileu têm uma ideia vaga dessa situação bastante complexa” (2007, p. 186). A Igreja Católica, portanto, estava alinhada a um argumento científico em sua atitude, a tese instrumentalista.

Porém, é necessário resaltar que foi razoável aceitar a doutrina copernicana nos séculos XV e XVI. No entanto, não havia apenas uma razão para isto, tampouco um único método, “mas uma variedade de razões ativadas por uma variedade de atitudes criadas pela ‘Revolução Copernicana’” (FEYERABEND, 2011, p. 81). Essas razões e atitudes convergiam, mas tal convergência foi acidental, o que torna inútil tentar explicar todo o processo por meio de regras metodológicas simples. Por exemplo, Mäestlin e Kepler ficaram impressionados com a harmonia do sistema copernicano; já Guericke, com as propriedades físicas do novo sistema e Bruno com o fato de ele poder facilmente se tornar parte de uma infinidade de sistemas.

Em relação ao segundo ponto analisado pelos especialistas da Igreja, o das implicações sociais (éticas), eles pronunciaram que a doutrina copernicana era “formalmente herética”. O que significa que ela contradizia as Sagradas Escrituras da forma como eram então

interpretadas oficialmente pela Igreja. E ainda, que tal contradição era feita de maneira consciente e não de maneira inadvertida. Este ponto de vista é baseado em uma série de pressupostos, como o de que as Sagradas Escrituras eram tão relevantes para as pessoas que, por consequência, também deveria pautar a pesquisa, que hoje reconhecemos como científica. À época, este pressuposto era compartilhado por cientistas muito admirados atualmente, como Copérnico, Kepler e Newton. Este último chegou a afirmar, mesmo que tivesse muitas restrições em relação à religião católica, que a verdade flui de duas fontes, a Bíblia e a natureza.

Os teólogos da Igreja Católica reivindicam a exclusividade de exploração, interpretação e aplicação das Sagradas Escrituras; não era diferente no século XVII. Assim, leigos (como Galileu) não tinham o conhecimento nem a autoridade para interpretar as Escrituras e eram proibidos de fazê-lo – rigidez oriunda do Concílio de Trento. Heresia, segundo Feyerabend (2007), em um sentido amplo, significa desvio das atitudes e ideias que garantem uma vida plena e santificada. Tal desvio podia ser encorajado pela pesquisa científica. Logo, era necessário, do ponto de vista da Igreja, examinar as implicações heréticas do desenvolvimento científico.

De acordo com Feyerabend (2007, p. 189), “a Igreja estava no caminho certo” na avaliação de que Copérnico era ‘formalmente herético’. Segundo esta perspectiva, a Igreja Católica Romana prezava, à época de Galileu, por uma qualidade de vida independente da ciência. Ademais, não havia nenhuma prova convincente da doutrina copernicana em 1616 que justificasse uma reinterpretação das Sagradas Escrituras. Ela agiu com o desejo de proteger as pessoas de arranjos de especialistas, de serem corrompidas por ideologias estreitas que tinham funcionamento restrito e eram incapazes de sustentar uma vida em harmonia.

O aconselhamento de que Galileu ensinasse a doutrina copernicana como uma hipótese e não como uma verdade foi pautada neste contexto. Muitos astrônomos dos séculos XVI e XVII não acreditavam que epiciclos e deferentes correspondiam à verdade física. A maioria deles considerava estes artifícios como caminhos teóricos que podiam auxiliar nos cálculos sem corresponder à realidade.

O ponto de vista copernicano era comumente interpretado “como um modelo interessante, insólito e bastante eficiente” (FEYERABEND, 2007, p. 191). O que a Igreja exigiu, tanto por razões científicas como éticas, foi que Galileu aceitasse esta interpretação. Nas palavras de

Duhem, “a lógica estava do lado de Berllarmino e não do lado de Galileu” (1963, p. 78).

7.5 O JULGAMENTO DE 1633: UMA FARSA?

Após a condenação de 1616, Galileu continuou atuando como filósofo natural. Em 1623 publicou *Il Saggiatore* (O Ensaiador). Nesta obra, mesmo com grande cautela crítica, encontra-se uma hipótese corpuscular para a luz e também para a natureza do calor e a estrutura dos sólidos e fluidos. Em nenhum momento na obra ele aborda a questão da eucaristia, e quase quatro séculos depois pode parecer que esta questão doutrinal era menos importante que outras, como o copernicanismo. Porém, em pleno século XVII, temas ligados à experiência diária do milagre eucarístico e ao dogma associado a ele eram de extrema relevância para os católicos (REDONDI, 1991). A obra tradicionalmente associada à condenação de Galileu em 1633, por livros-textos de qualquer nível de estudo, materiais paradidáticos, obras de ficção literária, livros de divulgação científica etc. é o *Dialogo*. Porém, Redondi lançou novas luzes sobre o tema, ao deslocar para o *Il Saggiatore* as causas que levaram ao julgamento de Galileu.

Um comportamento de Galileu na prisão domiciliar, no último decênio de sua vida, parece reforçar a convicção de que a condenação de 1633 não tinha sido motivada pela defesa do copernicanismo. Ele ditou uma carta em 23 de junho de 1640 a seu aluno e biógrafo Viviani, endereçada ao professor Liceti – um conhecido e respeitado aristotélico, que publicou um livro em que atribuía a Galileu menções corpusculares à luz. Nesta carta, Galileu adota um tom de desmentido ao procurar se desligar de qualquer interpretação materialista da luz e do calor que outrora pudesse lhe ser atribuída. Também em carta a Liceti, datada de 25 de agosto do mesmo ano, Galileu reafirma o desmentido ao confirmar novamente que não reconhecia ter feito hipóteses filosóficas materialistas sobre a luz. O próprio Liceti, em carta a Galileu de 7 de setembro de 1640, mostra-se surpreso com a declaração de Galileu de que não contradizia a doutrina aristotélica. Liceti ainda aponta na carta que, apesar de tudo, as obras de Galileu indicavam a direção oposta (ibid.).

Para Redondi, com esta atitude no ocaso de sua vida, Galileu estava agindo com prudência dissimulada, e tinha razões para isto. Porém, tal prudência não era usada em relação a outras convicções. Nessas correspondências com Liceti, ele se permite defender o sistema

copernicano, mesmo que a sua condenação oficial se devesse àquela defesa. Com o mínimo de dissimulação, ele se declara fiel a estas suas antigas convicções. Ainda hoje, a negação de Galileu de sua defesa da física corpuscular é um problema que gera debate entre seus biógrafos e entre os historiadores da ciência. O motivo desta virada surpreendente é uma das perguntas mais relevantes sobre o atomismo do século XVII. Para Redondi, a resposta pode estar em torno do *Il Saggiatore*, nas reações que aquele livro suscitou.

Il Saggiatore foi publicado em 1623. O argumento principal que motivou o livro era a polêmica entre Galileu e a natureza e movimento dos cometas. Orazio Grassi, um padre jesuíta que usava o pseudônimo de Lotharius Sarsius, publicou uma explicação para o fenômeno de acordo com o modelo de Thyco Brahe. O livro de Galileu ridicularizou Grassi, agradou o papa e valeu a Galileu o título de ‘filho devoto’ da Igreja. Ele foi recebido com um sucesso acachapante em Roma. Porém, no Colégio Romano ele foi considerado com discórdia e entendido como uma provocação. Com a humilhação de um dos seus mais iminentes membros, Orazio Grassi, a ordem dos jesuítas passou a ver Galileu como um de seus inúmeros adversários (WHITE, 2009). O tom de sarcasmo de Galileu em relação a Lotario Sarsi (pseudônimo de Grassi), procurando desmoralizar o jesuíta, pode ser percebido em vários trechos de *Il Saggiatore*, como por exemplo:

Apesar de considerar que este nome, nunca escutado no mundo, de Lotário Sarsi, sirva de pseudônimo para alguém que quer permanecer desconhecido, não procurarei, como fez Sarsi, armar uma luta com alguém por querer desmascará-lo, pois não acho digna esta ação, nem de alguma ajuda a esta minha obra. Pelo contrário, considero que tratar com uma pessoa desconhecida oferece mais clareza ao meu raciocínio e simplifica a tarefa de explicar livremente minha opinião. Porque, muitas vezes, aqueles que permanecem incógnitos, ou são pessoas temerosas que sob aquele disfarce querem se passar por senhores e gentis-homens e desta maneira, por alguma finalidade pessoal, valer-se daquela honra que a nobreza traz consigo, ou às vezes são gentis-homens que deixando cair, assim disfarçados, o respeito devido ao próprio grau, atribuem-se o direito, como é costume em muitas

idades italianas, de poder falar livremente de qualquer coisa com qualquer um, achando extremamente divertido que alguém, seja quem for, possa com eles discutir sem respeito e ironizá-lo. A este segundo grupo deve pertencer, acredito eu, aquele que se esconde sob a máscara de Lotário Sarsi, e acredito também que, assim como às escondidas ele resolveu falar contra mim porque cara a cara ele provavelmente teria se recusado (GALILEI, 1983, p. 119).

O sucesso do livro pode ser creditado em parte a seu conteúdo científico ser acessível. Porém, seu grande êxito se deve mais ao seu caráter literário que científico. Ele tinha todos os requisitos para se tornar um acontecimento intelectual, e assim foi. “Nem mesmo os mais ardentes e otimistas promotores romanos da publicação de *Il Saggiatore* haviam inicialmente ousado prever um triunfo destas dimensões” (REDONDI, 1991, p. 36).

O livro pode ser entendido como um manifesto intelectual de um grupo. Este grupo sugeriu-o a Galileu, o revisou, corrigiu e publicou. Tal grupo era conhecido como a Academia dos Lincei e girava em torno do mecenas Federico Cesi – Galileu aderiu a Academia em 1611. O círculo dos Lincei se colocava como um concorrente da cultura oficial. Seus expoentes eram desejosos da nova filosofia contra o saber ‘escolástico’ tradicional, e o *Il Saggiatore* foi apresentado como um manifesto oficial de seu projeto.

A obra ressaltava as opiniões do *Optica* de Kepler acerca da reflexão luminosa. Porém, o próprio Kepler sublinhou falhas de interpretação de Galileu, reconhecendo a originalidade de *Il Saggiatore*, mas não no tocante às controvérsias astronômicas, que considerou fraca e com argumentos inexatos (ibid.).

Em relação à controvérsia sobre os cometas, Galileu entrou na polêmica sobre sua natureza e movimento com meios muito inferiores aos de Grassi. Seu objetivo, segundo Redondi, era desconstruir argumentos favoráveis à astronomia e a cosmologia não copernicanas. Sua motivação para isto era evitar que teorias sobre os cometas descreditassem Copérnico, pois um corpo celeste dotado de movimento não circular era uma ameaça a este sistema. Então, Galileu, sem observação, tampouco cálculos, sustentou que os cometas não eram corpos celestes, mas aparências luminosas, como o arco-íris. Galileu explicava a visualização dos cometas como uma reflexão luminosa sobre evaporações atmosféricas, elevando-se além do cone da sombra

terrestre como a aurora boreal. Desta forma, a alegação de Galileu não era mais que uma variante ótica de uma explicação de Aristóteles nos *Meteoros*. Logo, *Il Saggiatore* não trata de teses originais nem em Astronomia nem em observações. Tratava-se de argumentos polêmicos que eram mais designados a desacreditar a segurança dos raciocínios adversários, do que criar um novo conhecimento sobre cometas em astronomia (WHITE, 2009).

O planejamento do livro começou em 1620, no núcleo da Academia dos Lincei. No final de 1622 o manuscrito chega às mãos de seus membros, onde passa a ser revisado coletivamente. O livro é impresso pela primeira vez nos meses de abril e maio de 1623 e sua licença da autorização eclesiástica data de 3 de fevereiro daquele ano. O texto de tal autorização traz um elogio entusiasmado assinado pelo padre dominicano Niccolò Riccardi (REDONDI, 1991).

No mesmo ano da impressão de *Il Saggiatore*, o papa Gregório XV morre. Para a sua sucessão é eleito em seis de agosto o cardeal Maffeo Barberini, que adota o nome de Urbano VIII. Amigo de Galileu e intelectual refinado, a eleição do novo papa traz preocupação aos jesuítas, que desconfiam das possíveis aberturas do novo papado. No novo regime, três membros dos Lincei mantêm relações íntimas com o poder: Monsenhor Ciampoli (eminência parda da secretária dos Breves), monsenhor Cesarini (oficial da câmara do papa) e o laico cavaleiro Cassiano Dal Pozzo (secretário do sobrinho do papa – que é nomeado membro dos Lincei, e que logo em seguida se torna cardeal e superintendente geral para todas as questões seculares e eclesiásticas de Roma). No fim de outubro de 1623 o *Il Saggiatore* estava pronto e foi dedicado ao papa que o achou divertido e ficou admirado. Galileu foi aconselhado por Ciampoli a aproveitar o momento favorável e não privar o mundo de suas especulações científicas (ibid.).

O pontificado de Barberini era reformador. Aberto a um saber moderno na busca de um catolicismo mais renovado do que contra-reformista. O ambiente político, cultural e religioso do novo pontificado fizera do *Il Saggiatore* o acontecimento literário deste período, sendo impossível entender sua reverberação sem compreender este clima renovador do início do reinado do papa Urbano VIII. Para monsenhor Ciampoli, o novo pontificado iria produzir uma mudança sem precedentes na Igreja. Iria fazer dela o instituto espiritual dos homens modernos. Para ele, Galileu era o moderno filósofo cristão que substituiria o velho grego Aristóteles na cultura católica. O triunfo de *Il Saggiatore*, orquestrado por Ciampoli, confirmou a esperança em uma “admirável conjuntura” no novo papado (WHITE, 2009).

As características que faziam do *Il Saggiatore* um manifesto da nova filosofia em Roma eram sua recusa à submissão dogmática ao princípio de autoridade no campo filosófico, a reivindicação de uma linguagem nova, também aos direitos de pesquisa e de livre discussão intelectual contra o abuso da cultura institucional. Ele foi um sucesso porque contestava toda uma tradição intelectual. Tal característica da obra pode ser percebida em passagens como:

Mas raciocine melhor e concorde que alguém que queira nos persuadir a respeito de uma coisa senão falsa ao menos duvidosa leva uma grande vantagem em utilizar argumentos prováveis, hipóteses, exemplos verossímeis, sofismas, alicerçando-se e escondendo-se atrás de textos muito claros, atrás de autoridade de outros filósofos, de naturalistas, de retóricos, de historiadores. Mas apresentar rigorosas demonstrações geométricas é perigoso demais para aquele que não as sabe utilizar bem; pois, como em relação a uma coisa não existe caminho do meio entre a verdade e o falso, assim nas demonstrações necessárias ou aceitamos conclusões indubitáveis ou silogiza-se sem desculpa (GALILEI, 1983, p. 188).

Quando o livro foi publicado, os cometas já estavam fora de moda e poucos ainda tinham interesse no assunto. Porém, o debate entre Galileu e Sarsi acerca da física dos fenômenos perceptíveis pelos sentidos interessava aos leitores. Sarsi sustentava que a explicação aristotélica para o calor era correta, onde calor, dureza, cor e cheiro eram inerentes a uma substância; qualidades reais ou formas substanciais. Só um milagre poderia fazer uma qualidade subsistir separada da própria substância. *Il Saggiatore* propõe a interpretação que o calor é produzido quando a fricção de dois corpos é tão forte que desprende algumas partículas de matéria, e assim sendo o calor era associado à emissão de partes muito sutis de substância. Galileu não tinha nenhuma observação ou medição de perda de peso de um corpo aquecido para aventar sua hipótese, tendo sido ela uma elaboração puramente teórica. Para desacreditar a opinião de seu adversário jesuíta, Galileu apela à arma do ridículo, direcionada para sua devoção ao princípio da autoridade da tradição, argumento mais ilustre da instituição cultural da Companhia de Jesus. Tal apelo era considerado

pela ordem mais que sagrado; era um valor de caráter religioso e um ponto fundamental da luta contra a heresia. Ela entendia que, eliminar o princípio de devotado respeito aos autores do passado significava ter caminho livre para propor criticamente velhas ou novas hipóteses sob uma abordagem inteiramente diferente (REDONDI, 1991).

O livro defendia que as qualidades sensíveis existem somente na sensação e não na substância material. Já o *De Anima* de Aristóteles assume como real as percepções sensoriais; era uma considerável mudança de perspectiva aquela apresentada pelo *Il Saggiatore*. O livro deixou de lado bem rápido a polêmica sobre cometas e tornou-se rapidamente naquilo que fora encomendado a Galileu: um tratado polêmico sobre física.

Il Saggiatore propunha enfraquecer a física aristotélica, ao traduzir suas proposições predicativas com respeito a experiências de qualidade por uma nova linguagem. Por exemplo, em vez de fazer afirmações do tipo “o fogo é quente”, a obra fazia qualificações do tipo “o fogo transmite uma sensação de calor”. Faltava explicar como a sensação de calor se transmitia. Para isso, Galileu procurava convencer os leitores que as sensações podiam ser devidas ao movimento de partículas de matéria, diminutas e imóveis, que eram dotadas de forma que tornavam possíveis as sensações. De acordo com esta interpretação do livro, não existia qualidade sem átomos. Esta compreensão de Galileu fica bem caracterizada em passagens como:

[...] havendo já relatado como muitas sensações, que são reputadas qualidades ínsitas nos sujeitos externos, não possuem outra existência a não ser em nós, não sendo outra coisa senão nome fora de nós; afirmo que, levado a creditar que o calor seja um fenômeno deste tipo, e que aquelas matérias que produzem e fazem perceber calor em nós, matérias que nós chamamos com o nome geral de fogo, sejam uma multidão de pequeníssimos corpos, com determinadas figuras, movimentados com velocidade enorme” (GALILEI, 1983, p. 241).

Tais afirmações provocaram um impacto nos leitores da década de 1620, pois se colocavam como uma recusa de uma filosofia ligada à religião, e ainda valorizava ideias marginais, condenadas e rejeitadas. Além da recusa de Aristóteles, o *Il Saggiatore* se identificava com uma galeria de autores pouco recomendáveis como Demócrito, Bruno,

Occam, Campanella e Copérnico. Os que entre eles eram católicos haviam sido condenados pela Igreja. Segundo um grande teólogo tridentino dominicano, padre Melchior Cano, era impossível conciliar a defesa da religião cristã com a filosofia de Demócrito. Logo, o atomismo era um assunto potencialmente perigoso de se abordar, mesmo para um católico devoto como Galileu (REDONDI, 1991).

Durante a “admirável conjuntura”, a cultura religiosa estava em movimento. As tensões intelectuais embutidas no ciúme alheio pelo imenso poder tradicionalmente desfrutado pela Companhia de Jesus desafogava-se em forma de adesão a Galileu, o que colocava em cheque o prestígio até então onipresente e indiscutível do Colégio Romano. A Companhia de Jesus passou por um momento difícil, o que fez os galileanos acreditarem em uma força maior do que a que existia durante o início do papado de Urbano VIII. Eles haviam colocado seus adversários jesuítas à distância, mas não diminuiram nem um pouco sua importância. Os galileanos tinham sido favorecidos por uma conjuntura política excepcional, porém a situação iria mudar.

Um sinal de que a “admirável conjuntura” estava terminando é o episódio envolvendo o arcebispo Marco Antonio De Dominis. Em 1624, ele já estava morto havia três anos e meio, o que não impediu que o Santo Ofício o condenasse à fogueira. Sua condenação foi por heresia reincidente. De Dominis teve que ser exumado para ter posteriormente seu corpo queimado no Campo Dei Fiori. A razão desta atitude do Santo Ofício foi como uma manifestação de rigor e um aviso. Terminavam ali as últimas ilusões políticas de reunificação pacífica da cristandade. O caso guarda semelhanças com o que terá como protagonista Galileu, oito anos depois. De Dominis havia editado na Inglaterra o livro de Paolo Sarpi *Istoria del Concilio Tridentino*, no qual a mais importante decisão doutrinal de Trento, o dogma da transubstanciação na eucaristia, foi atacado (ibid.).

Os jesuítas estavam engajados na defesa do dogma da transubstanciação em meados da década de 1620. A reação dos jesuítas pode ser medida na aula inaugural do Colégio Romano no ano acadêmico 1624-25, proferida pelo padre Fabio Ambrogio Spinola. Em sua fala, ele parece seguro ao afirmar que os adeptos da nova filosofia natural eram heréticos. No século XVII, heresia era a palavra mais importante do vocabulário romano. Os tempos do ânimo literário haviam passado. No horizonte existiam sinais desfavoráveis e a postura dos jesuítas contra as heresias dos inovadores em Roma confirmava-se rapidamente: *Il Saggiatore* foi denunciado ao Tribunal do Santo Ofício. A denúncia foi feita quando o livro ainda tinha grande prestígio perante

as autoridades do Vaticano. Galileu soube da denúncia em carta de Mario Guiducci, seu informante em Roma, datada de 18 de abril de 1625. No entanto, sua revelação era tardia, pois a denúncia havia sido feita há vários meses. Guiducci relata que o motivo da denúncia era a defesa da doutrina copernicana, e ainda tranquilizava Galileu com a informação de que um cardeal e um teólogo não deram pareceres favoráveis à denúncia (ibid.).

Como *Il Saggiatore* não sofreu nenhuma perseguição oficial, a comunicação de Guiducci foi aceita ao pé da letra por grande parte dos historiadores. Porém, existem interpretações diferentes, como a de Stilmann Drake, que observou que a acusação sobre o *Il Saggiatore* de louvar o copernicanismo era falsa (DRAKE, 1978). Também Redondi (1991) discorda da veracidade da informação de Guiducci. Para o historiador italiano, o informante de Galileu não verificou minimamente seu comunicado. Na mesma carta, ainda, é possível perceber informações equivocadas, como a de descrever erroneamente quem era o padre Giovanni Guevara (que, segundo Guiducci, seria o responsável pelo não andamento da denúncia oferecida ao livro), então influente prepósito superior dos clérigos regulares menores. *Il Saggiatore* foi lido e relido pelos membros da Academia dos Lincei para evitar justamente passos em falso em relação à doutrina copernicana.

No livro não existe exposição às escondidas das ideias de Copérnico, já que o polonês não se ocupou de cometas. A intenção do livro era contestar a filosofia aristotélica do Colégio Romano. Galileu não poderia ser acusado de copernicanismo baseado em *Il Saggiatore*. Ao contrário, pode-se acusar Galileu de hipocrisia, ou mais elegantemente de dissimulação honesta: a única vez, que se fala dos movimentos da Terra na obra, sem acrescentar uma retratação formal, é quando ele evoca uma experiência ilustrativa que mostra a “falsidade” da doutrina copernicana. No texto do livro, após expor características do sistema ptolomaico, Galileu afirma que:

Depois, em relação a hipótese de Copérnico, mesmo que para benefício de nós católicos da mais soberana sabedoria não tivéssemos sido esclarecidos em nossos erros e iluminada a nossa cegueira, não acredito que uma tal graça e benefício tivessem podido obter-se pelos raciocínios e pelas experiências expostas por Tycho. Sendo, então, certamente falsos os dois sistemas de mundo e nulo o de Tycho (GALILEI, 1983, p. 130-31).

Denunciar Galileu em 1624 não era mais apenas oferecer denúncia contra o matemático e filósofo de Roma, pois ele gozava de um tratamento excepcional a seu favor, devido a seu apoio na cúria romana. Denunciar *Il Saggiatore* era se tornar de imediato, ou já ser, um crítico hostil do pontificado de Urbano VIII. Tal denúncia pretendia oferecer uma sombra sobre o novo regime. Todos os envolvidos, direta ou indiretamente, eram atingidos por ela, da Academia dos Lincei ao cardeal-sobrinho, passando pelo papa. Parece natural, então, que as denúncias fossem abafadas antes de provocar algum escândalo a membros tão importantes de Roma, como de fato ocorreu. Houve uma decisão de não instaurar um processo contra o *Il Saggiatore* naquele momento. Não houve nenhum procedimento judicial ou de instrução contra a obra.

Nos arquivos do Vaticano ainda foi possível encontrar um documento sobre o *Il Saggiatore*. Redondi (1991) afirma que o manuscrito não assinado é da década de 1620, e que até 1982 tal documento permanecia desconhecido, quando ele teve concedida a permissão para consultá-lo. Trata-se de uma denúncia que pede um parecer a título privado e denunciatório. O texto apresenta duas opiniões suspeitas contidas no *Il Saggiatore*. A primeira é da natureza subjetiva da percepção da cor, do odor, do sabor e a segunda a explicação dos fenômenos mediante os átomos de Demócrito. Esta última podia ser considerada formalmente herética porque era inconciliável, segundo a denúncia, com a fé católica e contrária à autoridade da tradição teológica. A crítica era acerca do materialismo atomístico do livro. Este é o pretexto da denúncia, que afirmava que o atomismo de Galileu era uma doutrina herética, pois era derivado do materialismo de Anaxágoras ou da teoria dos átomos figurados de Demócrito. O texto defende que os átomos de Galileu são substanciais e que a doutrina do autor não é compatível com a existência dos acidentes eucarísticos estabelecidos pelo cânone 2 da XIII sessão do Concílio de Trento. Se forem interpretados os acidentes como defende o *Il Saggiatore*, diz a denúncia, então mesmo após a consagração serão partículas de substância do pão eucarístico que produzirão sensações, restando partículas do pão na hóstia consagrada, o que se constitui um erro segundo o Concílio de Trento. Com base nestes argumentos, o denunciante pedia o julgamento competente do Santo Ofício da acusação mais grave de todas na década de 1620.

A descoberta do documento parece indicar que *Il Saggiatore* não foi denunciado por apologia ao copernicanismo, mas por sua doutrina

atomística. Por razões de conveniência política, o processo aberto não seguiu o procedimento normal. No fim, a denúncia foi arquivada por ter sido considerada improcedente. Redondi (op. cit.) procurou identificar o autor da denúncia anônima. Para ele, não há dúvida que se tratava de um jesuíta. O padre Grassi fora humilhado pelo livro ficando furioso com sua publicação. Assim, prometera uma resposta rápida a Galileu. No entanto, sua réplica demorou, pois como arquiteto da Igreja de Santo Inácio estava envolvido com tal obra. Também a publicação da resposta poderia comprometer a Companhia de Jesus, a quem não convinha se engajar publicamente contra alguém acolhido pelo papa e pela cúria. O historiador italiano acredita que Grassi foi o autor da denúncia anônima no início do verão romano de 1624. De acordo com Redondi, até a caligrafia da denúncia era muito semelhante à deste jesuíta. Um ano depois de começar, o padre Grassi finaliza o texto de resposta a *Il Saggiatore*, que seria publicado na França para não comprometer a Companhia de Jesus. O livro saiu no final de 1626 em Paris, tendo como autor o pseudônimo de Grassi, Lotario Sarsi. O novo livro não avançava nada na discussão dos cometas. Sendo decorrente de uma polêmica pessoal e filosófica, procurava desmascarar a natureza herética das ideias de *Il Saggiatore*. Tachava o atomismo de Galileu de doutrina baseada em Epicuro e denunciava o livro por heresia eucarística, texto bastante semelhante à denúncia anônima ao Santo Ofício. *Il Saggiatore* é acusado de afirmar expressamente a teoria subjetiva das qualidades sensíveis também no caso dos acidentes eucarísticos, o que, segundo o Concílio de Trento, era falso. Sarsi ainda afirma que o atomismo do livro se aplica a todos os fenômenos sensíveis, não só para o calor. A denúncia da heresia eucarística que até a publicação do livro de Grassi era restrita ao Santo Ofício, tornou-se pública.

O impacto de tais denúncias sobre Galileu pode ser medido em sua cópia do livro de Grassi, hoje na Biblioteca Nacional de Florença. Nele pode-se perceber, através de suas anotações, preocupação a cada acusação de heresia feita por Grassi. Quando se deparou com a acusação mais grave, o tom de suas anotações indica medo. Sua reação perante tais denúncias foi avaliar a proteção que gozava em Roma na falta de outros argumentos possíveis – Galileu estava certo em contar com a impunidade.

Já na década de 1630, em 18 de abril de 1631, o padre Grassi fez a solene e prestigiosa oração na celebração papal da grande liturgia da sexta-feira santa, tradicionalmente destinada aos padres jesuítas do Colégio Romano. A fala teve um caráter de uma ameaçadora profecia política. O discurso reprovava a negligência do papa na guarda e na

vigilância dos valores fundamentais da Igreja tridentina. Desde o ano anterior, o papa e o cardeal Borgia tinham opiniões conflituosas durante as reuniões semanais do Santo Ofício. Borgia acusava o papa de uma tolerância excessiva com a heresia em Roma; clamava por uma ação enérgica, exigindo uma postura sem medidas contra a heresia e a novidade subversiva. A fala de Grassi concretizava a advertência. Menos de um ano depois, o papa Barberini conheceu sua mais grave crise política, quando o cardeal Borgia fez uma denúncia aberta, no conselho de estado da Igreja, de aliança herética com o rei sueco. A notícia da denúncia de Borgia correu a Europa e era acompanhada da de que, daquele momento em diante Urbano VIII iria se tornar intransigente com os heréticos e inovadores. O papa ficou isolado na cúria romana, a ponto de chegar ameaças de intervenção direta de Madrid e Nápoles, inclusive alguns pedidos de deposição. O papa cede e ocorre uma reviravolta política e ideológica na cúria romana. As mudanças também alteravam as condições dos inovadores e virtuosos. Os jesuítas ocupavam novamente os espaços de poder; a “admirável conjuntura” terminara (ibid.).

Não havia momento mais inapropriado para uma publicação da nova filosofia, mas em meio à reviravolta política em Roma, em Florença saía o *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* de Galileu. O livro usava a explicação das marés como demonstração suplementar a favor do movimento da Terra. Ele fora preparado com muitas preocupações. Assim, seu título original de *Del flusso e del riflusso del mare* foi alterado por prudência. Teólogos autorizados pela Ordem Dominicana revisaram a obra: o prefácio foi visto e revisto pelo padre Riccardi (mestre do Sacro Palácio); o texto foi examinado em Roma pelo padre Viscondi e, no momento da impressão, em Florença, pelo padre dominicano Giacinto Stefani. Galileu manteve a promessa de apresentar a cosmologia copernicana com a ajuda do raciocínio científico, mas junto com a vigilante cautela da prudência teológica. Os primeiros exemplares estavam em Roma no fim de maio de 1632, quando ele foi ofertado ao cardeal Francesco Barberini em primeiro lugar. Os adversários de Galileu aguardavam com ansiedade o *Dialogo*, se bem que não havia nada de novo a descobrir nesta obra, em matéria de cosmologia. Em relação ao copernicanismo, o livro havia tomado todas as precauções. Ele tinha autorização oficiosa e respeitara a condição de apresentar a doutrina de Copérnico de modo hipotético, sem se referir às Escrituras. Elas foram evitadas em todo o livro. O *Dialogo*, hoje, pode ser entendido, sobretudo, como uma grande obra didática sobre o sistema copernicano. No *Dialogo*, seu autor defende o atomismo

em filosofia natural. Porém, com a ressalva de não relacionar este tema com a questão do milagre da eucarística. Por prudência, ou por sugestão dos consultores teológicos, Galileu não fala em átomos. O *Dialogo* foi recebido em Roma como uma reprise das formulações materialistas anteriores publicadas em *Il Saggiatore* (WHITE, 2009).

Para provocar a incriminação de Galileu, aproveitando a ocasião do lançamento do seu novo livro, e assim pressionar o papa, ocorreu o que Redondi chama de ‘Teatro de sombras’. Padre Riccardi, mesmo procurando se dissociar de Galileu, fez soar o alarme que de que por trás de tal teatro estavam os jesuítas. Ele escreve a Florença para que se interceptassem todos os exemplares do livro antes que partissem para Roma, a fim de evitar um escândalo. Os motivos para o sequestro, ele justifica, eram questões misteriosas e explosivas. Para Redondi (1991), o motivo do sequestro não tinha relação com sistemas astronômicos. Para o historiador italiano, os jesuítas tinham razões mais importantes e profundas, não relacionadas com a doutrina copernicana. Até porque, “os trechos da Bíblia concernentes ao problema do movimento do Sol não eram nem tão numerosos nem tão importantes, e de resto nenhum concílio havia jamais estipulado o geocentrismo como verdade de fé” (op. cit., p. 47). Mas com a transubstanciação e sua impossibilidade de conciliação com a filosofia da matéria atomista era diferente, tanto que a Companhia de Jesus estava em uma verdadeira cruzada contra o atomismo de Demócrito durante a década de 1630. O que levou, em 1º de agosto de 1632, a ordem dos jesuítas a proibir severamente a doutrina dos átomos, que até então não tinha precedentes tão oficiais.

A origem do caso do *Dialogo* durante o verão romano de 1632 pode ter sido por denúncias escritas das quais não se conhece o registro. Tal fato levou muitos historiadores a levantar hipóteses de que fora o rancor do próprio papa que teria dado início ao processo. Na interpretação de Redondi (1991), o papel do papa no julgamento de 1633 foi totalmente diferente. Para uma denúncia de ortodoxia e fé – como o caso do *Dialogo* – o mais comum seria encaminhar a denúncia ao Santo Ofício. No entanto, Galileu parece ter tido direito a tratamento especial. A sua causa não fora tratada pela jurisdição do Santo Ofício, mas sim conduzida por dois dos mais influentes amigos de Galileu na cúria: o papa e o cardeal Francesco Barberini, que tentaram sufocar o caso antes que ele nascesse. Com a tentativa de impedir a distribuição do livro em Roma frustrada, não se podia fingir que o livro nunca fora publicado. Já que não era possível esconder o objeto do escândalo, era preciso fazer desviar sua trajetória para que o papado não fornecesse novos argumentos a quem já o colocou em estado de acusação

ideológica. Não se podia levar o caso ao Santo Ofício, onde o cardeal Borgia era influente e teria mais uma oportunidade de lançar acusações contra o papa de imprudência e de falta de firmeza na defesa da Contra-Reforma. Levar o caso ao Santo Ofício seria suicídio político para Urbano VIII. Impunha-se, então, ao papa Barberini chamar o caso para si (WHITE, 2009).

Admitir a manobra papal, segundo Redondi (1991), pode ajudar a entender por que no verão de 1632 as denúncias contra Galileu, em vez de seguirem o trâmite normal foram submetidas a uma comissão especial sob o controle direto do papa. Tal comissão foi presidida pelo cardeal Francesco Barberini. Ele a coordenou com extrema reserva. Tais comitês só se justificavam em casos de excepcional gravidade, mas, sobretudo de natureza teológica difícil. Outra comissão desta natureza não foi jamais instituída de novo por Urbano VIII. Levou duas décadas para que outra fosse instaurada novamente, já no pontificado de Inocêncio X. Só sabiam do que se tratavam as denúncias sobre o *Dialogo* o mestre do Sacro Palácio e o cardeal Barberini. A comissão se reuniu pela primeira vez em meados de agosto com o objetivo oficial de estudar a possibilidade de evitar que o *Dialogo* fosse levado ao Santo Ofício. Tal justificativa oficial é considerada pela maioria dos historiadores como sem fundamento. No entanto, Redondi defende que o papa não mentiu na ocasião. Para reforçar seu argumento, ele destaca que Galileu foi aconselhado a não exercer pressão diplomática sobre a comissão, caso quisesse realmente ajudar a si próprio.

Os membros da comissão eram três. Monsenhor Oreggi, teólogo pessoal do papa, provavelmente foi indicado pelo próprio pontífice. Oreggi não havia tomado antes, tampouco depois, nenhuma iniciativa polêmica contra Galileu ou algum galileano. O segundo membro era também um dos homens do papa, um padre teatrino de nome Pasqualigo. Os teatrinos eram protegidos pelo papa e em 1632 estavam no máximo de uma furiosa controvérsia contra os jesuítas. Este membro era um teólogo especialista em matéria eucarística. Um teólogo dos novos tempos da admirável conjuntura do início do pontificado. Desse modo, os dois primeiros membros parecem pessoas apropriadas para livrar o papa do constrangimento de uma denúncia sobre matéria eucarística contra Galileu. O terceiro membro da comissão não tinha este perfil. Ele era um jesuíta. Para dissipar toda a suspeita sobre a comissão se fazia necessário alguém da Companhia de Jesus. O padre Riccardi procurou a pessoa certa e a encontrou em seu amigo, padre Melchior Inchofer. Um conhecido e feroz anticopernicano, Inchofer era uma figura menor em relação à autoridade teológica dos outros dois

membros da comissão. A escolha de Riccardi, como ele assegurou ao embaixador florentino, não foi somente pela amizade com Inchofer, mas por Riccardi considerá-lo o mais inofensivo jesuíta entre todos os presentes em Roma à época (WHITE, 2009).

A comissão se reuniu cinco vezes e depois de um mês havia concluído seu trabalho, coberto do mais absoluto segredo. Ela forneceu ao Tribunal do Santo Ofício uma instrução perfeitamente preparada para um rápido processo contra Galileu com base em uma acusação bem reduzida: a violação do *Dialogo* da proibição comunicada a ele em 1616 por Bellarmino de defender a teoria copernicana condenada pelo Santo Ofício. Do comitê resultou que a maior acusação oficial era de desobediência e o corpo de delito era o *Dialogo*. Desta forma, a acusação não era muito grave nem para Galileu, nem para seus protetores. Tratava-se de heresia inquisitorial e não heresia doutrinal, o que significa uma infração a um decreto e não sobre uma matéria perversa de altíssimo grau. Os executores do Santo Ofício deveriam se ater às acusações da comissão e eles fizeram isso. O papa, desta forma, dissociava-se do processo, também de não mais ser complacente com as novidades. Dava assim uma satisfação a quem suspeitava de heresias mais graves sob sua proteção.

Segundo a interpretação de Redondi (1991), no entanto, o único livro denunciado não foi o *Dialogo*. Para fortalecer seu ponto de vista, o historiador italiano cita informações em correspondências da época. Em uma delas, o padre Campanella informa a Galileu que os teólogos da comissão analisavam mais de um livro. Também em correspondência do cardeal Barberini ao núncio de Florença, ele fala em mais de uma obra averiguada pela comissão, nas quais se encontrou aspectos suspeitos. Se entre as obras investigadas estivesse o *Il Saggiatore*, haveria mais que acusações sobre o copernicanismo. Se de fato o objetivo da comissão instaurada pelo papa era analisar denúncias acerca de cosmologia; por que só havia teólogos na comissão e nenhum dele com títulos científicos e adequados para julgar as argumentações astronômicas e físicas do *Dialogo*? A interpretação de que a comissão não se ocupava de questões de astronomia foi reforçada em 1999, quando o historiador italiano Mariano Artigas encontrou o relatório de Inchofer como parte de suas conclusões no comitê especial. No relatório, Inchofer fala de questões filosóficas em relação à eucaristia e não se refere em nenhum momento a questões astronômicas. Ele inicia seu relatório dizendo que “percebi que se tratava da filosofia de alguém que não se atém à filosofia verdadeira. Seja por erro ou ignorância, sempre é imprudente” (WHITE, 2009, p. 230).

No mês de setembro de 1632, o relatório oficial da comissão foi enviado para o Santo Ofício para que se iniciasse o processo judiciário. Não foram submetidas as matérias suspeitas do livro que haviam sido inicialmente denunciadas e nem as próprias denúncias. Quando o embaixador florentino entrega ao papa uma nota de protesto contra a comissão por ele instituída, o pontífice afirma que ele fizera um grande favor a Galileu em não submeter tal matéria ao tribunal, mas a uma congregação especial. No dia 18 de setembro, o embaixador de Florença é recebido pelo papa em audiência, onde Barberini afirma que não foi possível livrar Galileu do processo como havia solicitado o embaixador. Todavia, acusações bem mais graves do que as que se poderia imaginar, agitavam-se por detrás do caso. O papa ainda acentua que ele não esquecera a sua amizade de longa data com Galileu (Redondi, 1991).

Em 12 de abril inicia-se o processo contra Galileu. Ele teve sua versão oficial descrita em inúmeras obras e os autos foram publicados na edição nacional das *Opere*, de Galileu. O processo em si é apenas um apêndice judiciário, a execução de disposições incriminatórias selecionadas e reunidas na fase da comissão. O papa teve um comportamento ativo em todo processo. Ele impediu que o processo seguisse seu trâmite normal, chamou para si a instrução, ocultou as denúncias e não deixou nada transparecer. Apesar de se falar em matérias suspeitas e de vários livros, apenas o *Dialogo* é incriminado e por infração a uma proibição. O caso era de Estado, pois se tratava do membro oficial do papado sendo suspeito de heresia contra a fé. A situação era muito semelhante a que se produziu quando o *Il Saggiatore* foi denunciado, mas em 1633 a situação política era outra. A condenação oficial de Galileu era a única saída para evitar um escândalo político maior ligado ao papa; o momento exigia uma manifestação pública de firmeza do pontífice (WHITE, 2009).

O processo oficial parece encobrir uma história diversa e complexa e várias medidas extrajudiciais sugerem um apoio a este ponto de vista. Um deles se refere a quando Galileu, na primeira audiência, adotou uma postura de defesa irrepreensível. O acusado em vez de colaborar tornava a situação mais difícil. O juiz, padre Vincenzo Maculano da Firenzuola, recorreu a seu chefe, cardeal Francesco Barberini. Na tarde de 27 de abril de 1633, o juiz apresenta-se para um encontro privado com o acusado, sem testemunhas. A maioria dos historiadores defende que se tratava de uma reunião para ameaçar Galileu com um maior rigor processual. Mas para isto era necessário o sigilo? Redondi levanta a hipótese de que o encontro tenha servido para que o juiz tivesse explicado com argumentos convincentes que criar

obstáculos à linha processual seria mais que contraproducente para o acusado. Seja como for, Galileu, já a partir da audiência seguinte, submeteu-se a incriminação oficial. Entregando-se à autoacusação de copernicanismo, de maneira, segundo Redondi, até clamorosa demais. O juiz se reportou ao cardeal Berberini: “o tribunal salvará sua reputação e poderá ser benevolente com o réu. Sua Santidade e Vossa Eminência ficarão satisfeitos” (REDONDI, 1991, p. 290). Em 22 de junho, após um breve ato judiciário, depois de ter ouvido a sentença oficial, Galileu abjura a doutrina copernicana. O cardeal Borgia não ficou convencido. Tampouco totalmente satisfeito com a sentença oficial do, como chamou Redondi, processo-farsa. Em protesto, absteve-se de assinar a sentença. Galileu, em vez de começar a cumprir a pena em uma cela, por ordem do papa, foi instalado na residência do embaixador florentino e em seguida foi posto a cumprir pena sob a forma de prisão domiciliar em sua casa em Arcetri.

No reinado papal do século XVII, as pessoas que desagradavam o sistema eram punidas e afastadas do centro do poder. Assim ocorreu com os desdobramentos do processo de 1633. Mesmo antes de seu início no Santo Ofício, o padre Orazio Grassi foi alvo do poder papal. Ele foi removido de Roma, sem ao menos a desculpa, como era habitual, de uma promoção. Nem mesmo o fato de ser o arquiteto da Igreja de Santo Inácio, então em construção, impediu seu afastamento. Em carta, três meses após a conclusão do processo contra Galileu, o padre Grassi mostra completo alheamento à questão da condenação oficial acerca da defesa da doutrina de Copérnico. Ele mesmo se considerava tolerante com o copernicanismo. O padre Grassi não retornaria a Roma enquanto Urbano VIII estivesse vivo. Em 1653, o padre Grassi voltou definitivamente ao Colégio Romano. Ele tinha quase setenta anos. Em 23 de julho de 1654, morre de infarto.

Em sua prisão domiciliar, Galileu renegou sua defesa do atomismo, mas nunca de seu copernicanismo. De certo modo, a lenda do *Eppur si muove* não parece tão sem sentido assim. Galileu morreu em 8 de janeiro de 1642, em Arcetri.

7.6 POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

O uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de ciências vem sendo defendido por inúmeros pesquisadores (MATTHEWS, 1995; BASTOS, 1998; GUERRA et al., 2004; MARTINS, 2007; FORATO et al. 2011). Entre os argumentos

favoráveis está o de que ele favoreceria a apresentação da ciência como uma construção humana, questionável e falível, ensejando uma educação científica permeada por discussões acerca da natureza da ciência. Conforme Matthews (1995), o ensino de ciências não pode ser desvinculado da filosofia da ciência. As visões epistemológicas de ciência de um professor – independentemente de ele ter ou não consciência delas – influenciam sua prática docente, mesmo que ele não aborde explicitamente conteúdos de história e filosofia da ciência. Há sempre na educação científica uma imagem de ciência passada pelo professor a seus alunos. Ou seja, um professor de ciência “ensina” filosofia da ciência mesmo que não tenha consciência disto. Segundo Arthur (2010, p. 16): “Ignorar esta influência na educação é um passo perigoso rumo a uma metodologia de ensino pueril, quando não pernicioso”.

O uso didático da história e filosofia da ciência esbarra em alguns entraves; e entre eles, a formação de professores, quando esta não inclui discussões destes temas e não capacita os futuros docentes para levar estas questões para a sala de aula. Outro ponto destacado como obstáculo ao uso didático de história e filosofia da ciência é a falta de material adequado para instrumentalizar o professor (MARTINS, 1990).

Massoni (2005) ressalta que muitos estudantes de nível superior saem da universidade com pensamentos problemáticos acerca do empreendimento científico e de seu processo de evolução. A autora coloca a necessidade de se apresentar estratégias que visem transformar tais entendimentos considerados problemáticos sobre a ciência. Opiniões em desacordo com a moderna filosofia da ciência acerca do fazer ou do conhecimento científico são repassadas aos alunos pelos docentes quando eles ensinam ciência (PUJALTE et al., 2014). Também, estudos indicam que existe relação entre conceitos da natureza da ciência dos professores e sua visão de como se deve ensinar e aprender ciência (ibid.). Logo, o pensamento sobre ciência que os professores trazem para a sala de aula é fundamental no âmbito da educação científica. Dentro deste contexto, dois pontos merecem atenção especial. O primeiro diz respeito a possíveis estratégias para uma mudança na visão epistemológica dos professores de ciência, procurando um alinhamento com a moderna filosofia da ciência. O segundo é como viabilizar que tal alteração da maneira de entender a natureza da ciência possa influenciar a prática docente desses profissionais. Para tanto, discute-se a seguir alguns aspectos de uma formação de professores que visa construir um ambiente de ensino subversivo para viabilizar uma aprendizagem significativa crítica,

explicitando-se como a história e filosofia da ciência são fundamentais neste contexto.

Considerando que a produção de conhecimentos implica, necessariamente, na utilização de referenciais teóricos, epistemológicos e metodológicos (MOREIRA, 2004), as sugestões a seguir estão baseadas no ensino subversivo, na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e na epistemologia de Paul Feyerabend.

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica é relativamente recente. Ela foi proposta durante a primeira década dos anos 2000 por Marco Antonio Moreira (2005). O argumento principal, e a diferença da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta inicialmente por David Ausubel durante a década de 1960, é que em tempos de mudanças rápidas e drásticas não basta fomentar uma aprendizagem significativa; também é necessário que ela seja subversiva. No entanto, o autor optou por chamar de aprendizagem significativa crítica o tipo de subversão a que se refere a teoria, definindo esta aprendizagem como aquela que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela.

A proposta de Moreira é complementar à teoria de Ausubel, e também se baseia nas ideias de Neil Postman e Charles Weingartner (1978) e em obras mais recentes de Postman (1994; 2002). No entanto, enquanto estes autores se ocupam de um ensino subversivo, Moreira volta sua atenção para uma aprendizagem subversiva. É através deste tipo de aprendizagem que um sujeito pode fazer parte de sua cultura e, mesmo assim, não ser dominado por ela, por meio de seus ritos, mitos e ideologias. Mediante este tipo de aprendizagem, o indivíduo pode lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manusear a informação sem se sentir impotente diante de sua grande disponibilidade e velocidade. Ainda, pode usufruir e envolver-se com a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Para Moreira, o ensino subversivo de Postman e Weingartner, somente será efetivo se resultar em uma aprendizagem significativa crítica.

Ao sugerirem o ensino como atividade subversiva, Postman e Weingartner (1978) enumeram uma série de conceitos fora de foco que a escola ensina, tais como: o de verdade absoluta, fixa e imutável, o de certeza, o de entidade isolada, o de casualidade simples, única e mecânica e o de que o conhecimento é transmitido. De acordo com estes autores, é difícil imaginar um tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro em transformação que esta que promove os conceitos fora de foco. A escola seria mais proveitosa, nas visões destes educadores estadunidenses, se fosse subversiva. Sua

finalidade seria subverter atitudes, crenças, pressupostos que fomentam a esterilidade. A escola na prática é outra; ela nada faz para encorajar jovens a inquirir, duvidar ou contestar qualquer setor da sociedade em que vivem. A escola deveria servir como meio principal para o desenvolvimento nos jovens de atitudes de aptidão de crítica social, política e cultural. Isto se constituiria em um instrumento subversivo que permite a uma pessoa fazer parte da sua própria cultura e ao mesmo tempo situar-se longe dela.

Postman (1994) sugere que para um ensino subversivo todas as disciplinas sejam ensinadas com sua história. Dessa forma, podem-se formar indivíduos que compreendem que o conhecimento não é uma coisa fixa, mas um estágio de desenvolvimento humano, com passado, presente e futuro. No entanto, ele reconhece as dificuldades da proposta, como a falta de materiais instrucionais e formação adequada de professores. Especificamente em relação à educação científica, Postman faz reflexões adicionais. Ele considera que “o empreendimento científico é um dos nossos feitos mais gloriosos” (op. cit., p. 198). Ele ressalta que além de ensinar ciência por meio de sua história, seria muito proveitoso também ensinar sua filosofia. Isto poderia mostrar que a ciência é um exercício de imaginação humana e algo bem diferente da tecnologia que dela decorre. Discutir explicitamente a filosofia da ciência é sair da corrente principal da educação científica, segundo Postman.

Uma questão que Postman não levantou, mas é abordada por Forato et al. (2011), é que qualquer narrativa histórica encerra uma visão de ciência e sobre os seus processos de construção. “Ao se construir, utilizar ou divulgar uma determinada versão da HC, está se propagando uma concepção de como a ciência foi construída” (op. cit., p. 30). Assim, para que as propostas de Postman se efetivem dentro dos princípios da aprendizagem significativa crítica, é necessário que a abordagem de história e filosofia da ciência ocorra por meio de uma epistemologia coerente com a proposta de um ensino subversivo para uma educação científica. Caso contrário, estar-se-ia recorrendo à debilidade apontada por Moreira (2004) de produzir uma pesquisa em educação em ciências sem marco teórico ou com um suposto referente teórico que não se articula com o objeto de estudo.

Não obstante, Damasio e Peduzzi (2014) acreditam que nem sempre a abordagem de história e filosofia da ciência pode contribuir para um ambiente que fomente um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. Segundo este ponto de vista, as visões racionalistas de ciência, como as de Karl Popper e Mario Bunge,

não só não se afastam dos conceitos fora de foco como acabam reforçando-os. Para estes autores, uma visão relativística de ciência, como a de Feyerabend, é coerente com uma educação que visa formar pessoas flexíveis, inquisitivas, criativas, inovadoras e tolerantes. Desta forma, a sugestão destes pesquisadores é de que uma abordagem explícita de história e filosofia da ciência pode favorecer uma aprendizagem significativa crítica quando sustentada por uma visão relativística de ciência.

A abordagem relativística de história e filosofia da ciência, no entanto, esbarra em uma das dificuldades apontadas por Postman para um ensino subversivo: a falta de materiais instrucionais. É nesse sentido que a discussão anterior, envolvendo os julgamentos de Galileu, reveste-se de importância. Desta maneira, dá-se significado às noções epistemológicas que, de outra forma, podem se constituir em uma abordagem abstrata. O estudo de episódios históricos pode desvendar os diferentes processos que levaram à construção do conhecimento científico, permitindo compreender o caráter dinâmico da construção da ciência ao evidenciar que cada época e cultura adotam critérios próprios de validação. Os episódios envolvendo os julgamentos de Galileu são icônicos na história da ciência e uma oportunidade singular para que se construa uma abordagem contextual do empreendimento científico na educação de ciências.

A formação de professores pode fazer uso de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). As UEPS são sequências didáticas orientadas pela Teoria da Aprendizagem Significativa sugeridas por Moreira (2011), e podem tanto estimular a pesquisa aplicada como serem usadas diretamente em sala de aula. Na presente proposta, elas exercem os dois papéis, pois visam, inicialmente, contribuir para alterar as concepções desalinhas com a moderna filosofia da ciência dos docentes em formação com a discussão de episódios históricos da ciência, dentro de uma perspectiva relativística. Além disto, possibilita instrumentalizá-los para abordar tais questões em sua prática docente na educação básica.

A construção da UEPS envolve aspectos sequenciais que serão apresentadas a seguir. Concomitantemente, sugestões sobre como utilizar os episódios históricos discutidos anteriormente envolvendo Galileu são destacadas. A UEPS planejada para a formação de professores sugere aos futuros docentes a construção de suas próprias UEPS para levar as questões abordadas na discussão dos episódios envolvendo os julgamentos de Galileu ao ensino básico. Esta UEPS encontra-se no Anexo 1.

O primeiro passo é definir o tópico específico a ser abordado, que na proposta é justamente discutir os episódios históricos dos julgamentos de Galileu sob um viés epistemológico relativista. A seguir, desenvolve-se uma situação que leve os alunos a expor seus conhecimentos prévios. Isto pode ocorrer com a construção de mapas conceituais, de sua apresentação e discussão ao grupo procurando responder as seguintes questões: O que levou Galileu a ser julgado no século XVII? Galileu foi injustiçado pela Igreja?

Após, propõe-se uma situação-problema em nível bem introdutório, que leve em consideração os conhecimentos prévios e que preparem o ambiente para a introdução das questões a serem discutidas. Tais situações-problema podem ser organizadores prévios, os quais se sugere que, neste caso específico, sejam constituídos pela exposição de algum documentário ou filme, ou trechos, selecionados dos mesmos, que reforcem a visão hagiográfica de Galileu, por exemplo. Tais vídeos são bastante comuns e disponíveis na rede mundial de computadores. Um exemplo é o filme de Josep Losey baseado na peça de Bertolt Brecht, acessível em https://www.youtube.com/watch?v=9_hjIZHmHGw; outro, é o documentário “Gênios da ciência”, que se encontra em <https://www.youtube.com/watch?v=z11inivuIII>.

O quarto aspecto sequencial envolve apresentar o conhecimento a ser discutido levando em consideração os princípios sugeridos por Ausubel para que a aprendizagem possa ser significativa. Na proposta deste artigo, podem ser questões relativas à história e filosofia da ciência discutidas anteriormente, tais como: i) Existe mais de uma maneira de abordar os episódios históricos envolvendo os julgamentos de Galileu? ii) Há apenas uma história da ciência ou existem histórias da ciência que dependem de como se recorta e se concebe seu processo de construção?

A seguir, retomam-se aspectos mais gerais e estruturantes dos temas discutidos em nova abordagem, em um nível mais alto de complexidade, por meio de novas situações-problemas. A sugestão é que, a partir deste momento, promova-se a discussão da reconstrução dos episódios abordados anteriormente, e após isto se faça um contraponto com a visão hagiográfica de Galileu apresentada no organizador prévio.

Na sequência, uma nova situação-problema é colocada: Como levar estas questões de cunho epistemológico à educação básica juntamente com a abordagem de conceitos de ciência propriamente dita? A proposta do professor-formador sugerida é que seja por meio de UEPS. Desta forma, indica-se aos docentes em formação a construção

de UEPS abordando questões *de* e *sobre* ciência relacionadas aos julgamentos de Galileu.

Por fim, a avaliação deve ser pensada para procurar indicativos de aprendizagem significativa crítica. Para tanto, propõe-se a realização de um grupo focal, como o sugerido por Gomes e Barbosa (Gomes, 2015). Neste caso, inicia-se a discussão com a apresentação de algum outro episódio bem conhecido da história da ciência, por exemplo, a queda da maçã na gênese da gravitação universal, que pode ser encontrado em obras literárias, de divulgação científica, ou universitárias, revistas especializadas ou não em ciência, televisão, rádio e *internet*. Após isto, iniciar o grupo focal com a questão: podemos aceitar tal abordagem de história da ciência sem uma reflexão mais aprofundada? Se os professores em formação levantarem questões de que devem existir outros pontos de vista, outros vieses epistemológicos e que outras fontes são necessárias para aprofundar as questões, fundamentando devidamente seus posicionamentos, haverá indícios de aprendizagem significativa crítica e de uma avaliação positiva da UEPS.

7.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos ‘lobos científicos’ – termo usado por Feyerabend – sustentam que qualquer instituição de fora do ambiente científico não tem o direito de supervisionar a ciência, tal como fez a Igreja no episódio de 1616. Esses cientistas e filósofos da ciência acreditam nisto afirmando que a ciência é inerentemente humana e, assim, corrige a si própria – e ninguém pode corrigir melhor a ciência que os cientistas. A ciência então é uma entidade que não deve ser influenciada por pessoas de fora do seu círculo. Feyerabend (2010) procura demonstrar falhas nesta argumentação. A crescente competitividade dentro do estabelecimento científico e o *status* dado às opiniões dos cientistas tendem a “encorajar o egoísmo, convencimento e um desprezo pelas pessoas” (op. cit., p. 310). Quando estas questões são institucionalizadas, elas também levam ao oportunismo e à covardia. A ciência é parte de unidades maiores (cidade, região ou nação), que são autocorretivas – a democracia, principalmente a grega, estava pronta para a correção de tudo que ocorria em seu meio, incluindo efusões de especialistas.

Não se pode negar que a ciência é autocorretiva. Porém, ela faz parte de unidades maiores que também são autocorretivas. “Em uma democracia, a autocorreção das unidades maiores inclui todas suas

partes, o que significa que a autocorreção democrática anula os resultados temporários da autocorreção científica” (op. cit., p. 312). Neste sentido, é possível entender porque Feyerabend afirma que a Igreja estava no caminho certo quando interferiu no trabalho científico de Galileu, ao não deixar que a palavra dos filósofos naturais fosse à autoridade máxima em termos de conhecimento. Os cientistas podem contribuir para a cultura, mas seria muito equivocados aceitar que formem seu único alicerce. Isto porque estão restritos a suas especialidades e deixar que assim mesmo decidam sem controle por outros cidadãos seria muito temerário.

Feyerabend coloca que, mesmo que não haja uma ciência uniforme, pode-se aprender muito por meio dela. No entanto, também se é capaz de aprender pelas humanidades, pela religião e pelas tradições antigas. “Nenhuma área é unificada e perfeita, e poucas são repulsivas e completamente desprovidas de mérito” (2005, p. 214). Segundo Feyerabend (2011), não seria somente insensato aceitar a avaliação de cientistas sem um exame mais profundo; seria uma irresponsabilidade total. Sobretudo quando envolve questões sociais importantes que por ventura estejam nas mãos de especialistas.

O episódio de Galileu em 1616 é um bom exemplo de que a avaliação dos cientistas não foi aceita sem um exame mais profundo. Ela foi avaliada externamente e seus supostos equívocos foram encontrados. Esta avaliação externa contou com especialistas da área analisada, mas não se limitou a questões puramente técnicas. A conclusão de tal exame mais amplo foi que não fossem propagadas as ideias dos especialistas como sendo a verdade acima de qualquer outra. Apesar disto não houve censura, o que possibilitou o desenvolvimento da área avaliada.

De acordo com Feyerabend (2007), não existe uma única ideia, mesmo antiga e absurda, que não seja capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento. A ciência absorve a história do pensamento humano e o utiliza para o aperfeiçoamento das teorias científicas. Pode-se considerar a chamada “Revolução Copernicana” um exemplo. Segundo Feyerabend, ao opor-se a defesa que Aristóteles e outros faziam da Terra imóvel, Copérnico usou “a razão mística de Filolau (e dos hermetistas) combinada com uma fé igualmente mística no caráter fundamental do movimento circular” (op. cit, p. 131). Copérnico, portanto, infringiu regras racionais metodológicas tanto na origem como no desenvolvimento de sua doutrina – e a Astronomia deve muito ao uso não científico de várias dessas ideias. As alternativas que se oferecem a um cientista interessado em compreender os aspectos de sua teoria, tanto

quanto possível, podem ser tomadas “de mitos antigos e preconceitos modernos, das elucubrações dos especialistas e das fantasias de excêntricos” (op. cit., p. 64).

A diversidade de tradições não se coloca como um adversário do desenvolvimento científico. O intercâmbio entre diversas tradições pode fazer o conhecimento científico avançar. Segundo Martins (2001), os cientistas do século XXI têm a tendência de procurar no passado apenas aquilo que se aceita hoje em dia. Porém, no passado anterior à revolução científica, como se chama comumente as importantes mudanças nas ciências no século XVI e XVII, havia uma fusão entre magia e ciência.

Normalmente se pensa na relação entre ciência e religião como conflituosa ou de luta. No entanto, conforme Brooke (1990), este cenário é inadequado para entender a trama de interações do passado. De acordo com Martins (2001), também houve interação entre ambas e é inegável que muitos cientistas fundamentaram seus trabalhos em aspectos teológicos.

Logo, a tradicional interpretação do caso Galileu, de uma batalha entre o céu e o inferno, onde a Igreja é tradicionalmente acusada de ser inimiga do progresso da ciência e Galileu visto como o cientista ocupado em desenvolver o conhecimento científico, pode ter uma interpretação diferente: podem-se interpretar, ao menos neste caso, as atitudes da Igreja como justas e coerentes.

As questões colocadas acerca dos julgamentos de Galileu permitem entender como a história da ciência é repleta de acidentes, conjunturas e curiosas justaposições de eventos. Ela não se constitui de fatos e conclusões oriundas destes fatos. Ela contém interpretações, ideias, erros e problemas criados por interpretações conflitantes.

De acordo com o epistemólogo austríaco, não faz sentido uma história da ciência tediosa, uniforme, objetiva, facilmente acessível a tratamento por meio de regras estritas e imutáveis. Devido ao aspecto multifacetário de como a ciência se desenvolve é que a Feyerabend defende que ela é um empreendimento essencialmente anárquico. A discussão destas questões no ensino de ciências pode contribuir para a construção de um ambiente que suscite um ensino subversivo e uma aprendizagem significativa crítica *de e sobre* ciência.

Referências bibliográficas

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, p. 179-195, 2004.

ARTHURY, L.H.M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

BASTOS, F. **História da ciência e pesquisa em ensino de ciências: breves considerações**. In: NARDI, R., (org.) *Questões atuais no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras Editora, 1998.

BOTTON, F.V. Vieira e Brecht: visões de um tempo. **Gláuks**, v. 12, n. 2, p. 184-199, 2012.

BRECHT, B. **Teatro Completo em 12 volumes. Vol. 06**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1991.

BROOKE, J.H. Science and religion. In: OLBY, R. et al. **Companion to the history of science**. London: Routledge, 1990.

CRUZ, R. N. História e historiografia da ciência: considerações sobre pesquisa história em análise do comportamento. **Rev. Bras. de Ter. Comp. Cogn.**, v. 8, n. 2, p. 161-178, 2006.

DAMASIO, F., PEDUZZI, L.O.Q. **Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a teoria da**

aprendizagem significativa crítica. In: Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, V, 2014, Belém. Anais... p. 309-320, 2014.

DRAKE, S. **Galileo at work. His scientific biography.** Chicago: University of Chicago Press, 1978.

DUHEM, P. **To save the phenomena, an essay on the idea of physics theory from Plato to Galileo.** Chicago: University of Chicago Press, 1963.

FAVARO, A. **Le opere di Galileo Galilei.** Firenze: Tipografia Barbèra, 1907. Disponível em <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k94918b>. Acesso em 29 de dez. de 2014.

FERNÁNDEZ, I., et al. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, 20, p. 477-488, 2002.

FEYERABEND, P.K. **A conquista da abundância.** São Leopoldo: Editora Unisinos, 2005.

FEYERABEND, P.K. **Contra o método.** São Paulo: Editora da Unesp, 2007.

FEYERABEND, P.K. **Adeus à razão.** São Paulo: Editora da Unesp, 2010.

FEYERABEND, P.K. **A ciência em uma sociedade livre**. São Paulo: Editora da Unesp, 2011.

FINOCCHIARO, M.A. **The Galileo affair: a documentary history**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1989.

FOLHA DE S. PAULO. Igreja oficializa reabilitação de Galileu. Disponível em <http://acervo.folha.com.br/fsp/1992/11/01/5>. Acesso em 20 de dez. de 2014.

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

FREITAS, A. Os 100 livros essenciais da literatura mundial. **Revista Bravo!**, 2011. Disponível em <http://educarparacrescer.abril.com.br/leitura/100-livros-essenciais-literatura-mundial-644846.shtml>. Acesso em 26 de jan. de 2015.

GALILEI, G. **O Ensaíador**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

GALILEI, G. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2011.

GINGERICH, O. **O livro que ninguém leu – em busca das Revoluções de Nicolau Copérnico**. Rio de Janeiro: Record, 2008.

GLEISER, M. **Poeira das estrelas**. São Paulo: Globo, 2006.

GOMES, M.E.S.; BARBOSA E.F. **A técnica de grupos focais para obtenção de dados qualitativos**, <<http://www.educativa.org.br>> consultado em 17/08/2015.

GUERRA, A., FREITAS, J.R., BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 21, p. 224-248, 2004.

MARICONDA, P.R. e VASCONCELOS, J. **Galileu e a nova física**. São Paulo: Odysseus Editora, 2006.

MARICONDA, P.R. Introdução: O Diálogo e a condenação. In:

GALILEI, G. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2011.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 12, p. 164-214, 1995.

MARTINS, A.F.P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras neste caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 24, p. 112-131, 2007.

MARTINS, L.A.P. História da ciência: objetivos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

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

MARTINS, R. Como não se escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001.

MASINI, E.F.S.; MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MASSONI, N.T. **Estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de física**. 2005. 275 f. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MASSONI, N.T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física**. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MOREIRA, M.A. A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. **Revista Chilena de Educación Científica**, 3, p. 10-17, 2004.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M.A. Unidades de enseñanza potencialmente signifivos – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M.A. La teoria de aprendizaje significativo crítico: um referente para organizar a enseñanza contemporánea. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, n. 31, p. 9-20, 2012.

MONTFORT – Associação Cultural. Concílio Ecumênico de Trento (1545-1563) Contra as inovações doutrinárias dos protestantes. Disponível em <http://www.montfort.org.br/old/documentos/trento.html#sessao13>. Acesso em 27 de dez. 2014.

MOURÃO, R.R.F. **Que dia é hoje?** Editora Usininos, 2003.

PACHECO, S.M.V., DAMASIO, F. Mapas conceituais e diagramas V: ferramentas para o ensino, a aprendizagem e a avaliação no ensino técnico. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 2, p. 166-193, 2009.

PEDUZZI. L.O.Q. **Sobre a utilização didática de história da ciência**. In: PIETROCOLA, M., (org.) Ensino de física: conteúdo, metodologia e

epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PEDUZZI, L.O.Q. **Evolução dos Conceitos da Física**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2015.

PIRES, A.S.T. **Evolução das ideias da Física**. São Paulo: Livraria da Física Editora, 2008.

PONCZEK, R.I.L. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. In: ROCHA, J.F.M. (org.) **Origens e evoluções das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2011.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Contestação – nova fórmula de ensino**. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1978.

POSTMAN, N. **Tecnopólio – a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

POSTMAN, N. **O fim da educação – redefinindo o valor da escola**. Rio de Janeiro: Graphia, 2002.

PUJALTE, A.P., BONAN, L., Porro, S., ADÚRIZ-BRAVO, A. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciênc. Educ.**, 20, p. 535-548, 2014.

REDONDI, P. **Galileu herético**. São Paulo: Companhia das Letras, 1991.

RIBEIRO, A.L.V. **Rev. Trim.**, 36, p. 55-74, 2006.

STRATHERN, P. **Galileu e o sistema solar**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

TOTA, A.P.; BASTOS, P.I.A. **História Geral**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1994.

WHITE, M. **Galileu anticristo – uma biografia**. Rio de Janeiro: Record, 2009.

Capítulo 8

**CONSIDERAÇÕES
EPISTEMOLÓGICAS
RELATIVISTAS ACERCA DA
INFLUÊNCIA DOS
RESULTADOS NEGATIVOS DE
MICHELSON-MORLEY NA
GÊNESE DA TEORIA DA
RELATIVIDADE RESTRITA DE
EINSTEIN**

8 CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS RELATIVISTAS ACERCA DA INFLUÊNCIA DOS RESULTADOS NEGATIVOS DE MICHELSON-MORLEY NA GÊNESE DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN²⁴

8.1 INTRODUÇÃO

As contribuições da abordagem da história e epistemologia da ciência na educação científica têm sido defendidas por diversos estudos nos últimos anos (RYDER et al., 1999; TEIXEIRA et al., 2001; LIN e CHEN, 2002; EL-HANI et al., 2004; MASSONI, 2005; CACHAPUZ et al., 2008; ARTHURY, 2010; DAMASIO e PEDUZZI, 2015). Por meio de uma ampla revisão bibliográfica em periódicos internacionais, Teixeira et al. (2009) concluíram que muitos pesquisadores associam a pertinência do uso da história e filosofia da ciência com a busca de uma mudança conceitual, procurando traçar semelhanças entre as concepções alternativas dos alunos e a evolução histórica dos conceitos científicos. Outros objetivos identificados nos trabalhos analisados foram: alcançar melhor compreensão de aspectos da natureza da ciência; melhorar a atitude dos estudantes em relação à ciência, motivando-os; envolver os alunos em debates históricos para promover a competência em usar argumentos estruturantes e; desenvolver metacognição, aumentando a capacidade de aprender sobre os processos de pensamento a partir do envolvimento em debates históricos.

De acordo com Silva (2009), em relação ao entendimento acerca da história e filosofia da ciência, parece natural o surgimento de pontos de vista precipitados acerca do fazer ciência e do conhecimento científico, quando se tem em perspectiva o ensino dogmático e acrítico. Segundo Massoni (2005), nas últimas décadas, investigadores tem se preocupado em identificar as concepções de estudantes e professores acerca da natureza da ciência e em dimensionar seus reflexos para a educação científica. Os cursos de física e seus livros didáticos, por exemplo, apresentam uma formação acadêmica com forte enfoque empírico-indutivista. Conforme, Massoni e Moreira (2007), com raras exceções, os estudantes acreditam que a física se desenvolveu sobre bases sólidas por estar assentada na observação e experimentação, dando origem a leis fixas, imutáveis e verdadeiras. Em relação à formação de professores, mesmo com esforços desenvolvidos por

²⁴ Publicado em *A Física na Escola*, v. 15, n. 1.

investigadores, pesquisas têm mostrado que, muitas vezes, o percurso universitário não é suficiente para alterar as concepções de estudantes egressos nas universidades. Os estudantes trazem, além de concepções alternativas para explicar o mundo natural, também opiniões problemáticas sobre o fazer ciência¹.

Fernandez et al (2002) defendem que as opiniões problemáticas sobre o conhecimento científico são um dos principais obstáculos para uma renovação da educação científica no que se refere a concepções sobre a natureza da ciência mais condizentes com a moderna filosofia da ciência. De acordo com os autores, a pesquisa sobre as concepções de professores acerca da natureza da ciência foi pequena até a metade da década de 1980; desde então, passa a se constituir em uma potente linha de pesquisa com um número crescente de trabalhos publicados a respeito. Para procurar compilar os resultados destas investigações, os autores fizeram uma revisão das publicações nesta linha em periódicos internacionais. Os resultados mais recorrentes foram que os professores entendem que a ciência é: (i) empírico-indutivista e atórica; (ii) uma atividade rígida; (iii) aproblemática e ahistórica; (iv) exclusivamente analítica; (v) acumulativa; (vi) uma atividade elitista e individualista e; (vii) socialmente neutra.

A educação científica é influenciada pelas opiniões acerca do conhecimento científico dos professores. Segundo Silveira (1996a), seria leviano acreditar que as concepções de professores não afetam o modo pelo qual a ciência é apresentada por eles em sua prática docente. Vários pesquisadores têm defendido que existe uma relação entre as opiniões dos professores sobre o fazer ciência e suas visões sobre como se ensina e se aprende ciências (Gallegos; Bonilla, 2009; Tsai, 2002). Professores que têm uma visão empírico-indutivista, por exemplo, são mais resistentes à implementação de mudanças em suas didáticas (SANDOVAL et al., 1995; JIMÉNEZ, 2003).

De acordo com Pujalte et al. (2014), normalmente os professores não estão conscientes de suas próprias representações sobre o empreendimento científico, o que reafirma a importância de abordar história e epistemologia da ciência durante a formação docente. Para Tsai (2002), modificar as opiniões acerca do fazer ciência pode se constituir em um pré-requisito para alterar as crenças sobre o ensino e aprendizagem de ciência, e vice-versa – isto devido ao grau de vínculo entre estes dois tipos de concepções. Segundo Massoni (2005), não basta apresentar o produto da produção científica; faz-se necessário que também se aborde a natureza e o processo de construção do conhecimento científico em seus múltiplos aspectos: sociais, culturais,

históricos, etc. Para Moreira et al. (2007) é importante, no entanto, que tais abordagens sejam explícitas e diretas. O conhecimento de aspectos da moderna filosofia da ciência pode contribuir para tornar os estudantes mais reflexivos e críticos.

Postman (1994) reconhece que o uso didático da história e filosofia da ciência esbarra em alguns entraves, entre eles a falta de material adequado para instrumentalizar o professor. Também destaca que, quando a formação de professores não inclui discussões acerca da natureza da ciência, os futuros professores não terão condições de desenvolver uma prática docente que se afaste das opiniões problemáticas do conhecimento científico.

De acordo com Fernández et al. (2002), a opinião problemática sobre o conhecimento científico²⁵ de professores mais citada na literatura internacional é a concepção empírico-indutivista e atórica de ciência. Nela, ressalta-se o papel da observação e experimentação neutras, sem influência de concepções prévias dos pesquisadores. Segundo Silveira e Peduzzi (2006), o empirismo, como concepção de conhecimento científico, acredita que o conhecimento científico é desenvolvido a partir da observação, experimentação e de medidas. Ao narrar a história da ciência, a versão empirista apresenta os dados e resultados experimentais através dos quais os cientistas, por meio de um método científico, produziram conhecimento.

Chalmers (1993) afirma que a explicação indutivista ingênua se aproxima da imagem popular da ciência: objetiva, confiável, derivada da experiência por observação e experimentos. Para um indutivista ingênuo, a ciência sempre começa com a experimentação (empirismo) e a partir de um grande número de observações, em uma ampla variedade de condições, induz-se um padrão (indutivismo); tem-se, assim, uma lei ou teoria científica. O raciocínio indutivo “nos leva de uma lista finita

²⁵ Na literatura é comumente chamado de imagem e/ou visão distorcida e/ou deformada da ciência as maneiras de considerar ou de entender a ciência desalinhadas com a moderna filosofia da ciência. Silva (2009) faz uma reflexão crítica acerca destes termos. Para o autor, deve-se usar termos compatíveis com a correção da linguagem filosófica, ele sugere o uso da expressão opinião no lugar de imagens ou visões, pois imagem, em filosofia, requer certo cuidado ao ser usado para não gerar interpretações dúbias. Já o termo opinião, no sentido filosófico, é sinônimo de intuição, assim justifica-se seu uso, pois o estudante não cria uma visão ou imagem da ciência, mas sim uma crença que não possui segurança de validade. Portanto, a redação mais coesa no sentido filosófico é de opinião problemática do fazer ou do conhecimento científico. A terminologia sugerida por Silva (2009) foi adotada neste trabalho.

de afirmações singulares para a justificação de uma afirmação universal” (op. cit., p. 26).

Como exemplo de história empírico-indutivista, costuma-se citar os resultados negativos de Michelson-Morley como fundamentais para o trabalho de Einstein ao propor os princípios da Teoria da Relatividade Restrita. Ao mostrar que a hipótese de existência do éter era falsa e que, portanto, não existia um sistema de referência absoluto, estes dados experimentais foram fundamentais para a gênese da Teoria da Relatividade Restrita publicada por Einstein em 1905 (SILVEIRA e PEDUZZI, 2006). Holton (1969) inclui outros dois episódios: a história da maçã que cai sobre Newton e os dois pesos abandonados por Galileu na torre de Pisa. Silveira e Peduzzi (2006) ainda incluem a gênese do modelo atômico de Bohr. Todos estes casos são exemplos de acontecimentos em que o fator experimental teria supostamente fornecido a gênese para uma teoria sintética.

O experimento de Michelson-Morley tem mérito próprio para continuar a ser estudado mesmo sem relação direta com o nascimento da relatividade restrita. Apesar disto, durante muitos anos, autores tentam relacioná-lo com a teoria proposta por Einstein em 1905. Exemplo disto é a fala de R.A. Millikan por ocasião do septuagésimo aniversário de Einstein, onde ele declarou que: “A teoria da relatividade especial pode ser encarada como começando essencialmente em uma generalização da experiência de Michelson” (MILIKAN, 1949, p. 343). O próprio Einstein alimentou a crença empírico-indutivista da influência do trabalho de Michelson em sua teoria. Declarações do cientista alemão como “não há dúvida de que o experimento de Michelson foi de influência considerável sobre o meu trabalho” (apud HOLTON, 1969, p. 134) podem alimentar a visão empirista acerca do episódio da gênese da relatividade restrita.

O presente artigo aborda um ponto de vista que defende a inconsistência da visão empírico-indutivista em um dos episódios mais emblemáticos da história da física: o surgimento da Teoria da Relatividade Restrita. Para tanto, vale-se de material original de Einstein, por meio de entrevistas, falas públicas, sua autobiografia, textos de divulgação de suas teorias e do artigo original da relatividade restrita de 1905. O artigo, essencialmente, objetiva servir de material de apoio a uma discussão explícita de história e epistemologia da ciência em sala de aula, preferencialmente durante a formação inicial de professores, visando afastar certas concepções problemáticas do fazer ciência, em particular, a imagem empírico-indutivista da ciência. Para

isso, usa-se como aporte teórico a filosofia da ciência de Paul Feyerabend.

8.2 UMA HISTÓRIA RECONTADA

Diversos autores contextualizam abrangentemente as origens históricas do surgimento da relatividade restrita na literatura disponível em português (ARRUDA e VILLANI, 1996; MARTINS, 2005a; DAMASIO e RICCI, 2009; MARTINS, 2010; PEDUZZI, 2015). A gênese da teoria tem sido tema de diferentes interpretações entre diversos cientistas, filósofos e historiadores da ciência. A amplamente difundida concepção empírico-indutivista da ciência concebe, fundamentalmente, a Teoria da Relatividade Restrita como uma resposta objetiva e correta ao experimento realizado pelos físicos estadunidenses Albert A. Michelson (1852-1931) e Edward W. Morley (1838-1923) em 1887 (Peduzzi, 2015).

Apesar de se poder questionar a sua importância para a gênese da relatividade restrita, o experimento de Michelson pode ser colocado entre os mais relevantes da história da ciência. O interferômetro foi “inventado quando Michelson tinha vinte e oito anos em resposta a um desafio de Maxwell” (Holton, 1969, p. 135). Tanto antes, como depois dos experimentos de Michelson, houve outras tentativas de medir a velocidade da Terra em relação ao éter. Durante a realização dos experimentos de Michelson havia teorias sobre o éter muito bem estruturadas sob o ponto de vista teórico, bem como sob o ponto de vista experimental (WORRALL, 1994).

O conceito de éter permeava dois campos da física no final do século XIX, o eletromagnetismo e a óptica – unificados pela teoria proposta por James Clerk Maxwell (1831-1879). Segundo as previsões da teoria, o movimento da Terra através do éter poderia ser detectado por meio de experimentos ópticos ou elétricos. A detecção experimental do éter tornou-se imprescindível na física da segunda metade do século XIX. A determinação empírica foi alvo de muitas investigações, sempre tendo resultados nulos. Nem mesmo os experimentos pioneiros de Michelson em 1881, tampouco o que foi aperfeiçoado por ele e Morley em 1887, deram indicio de qualquer ‘vento do éter’ (PEDUZZI, 2015). Maxwell foi fortemente influenciado pelo trabalho de Michael Faraday (1791-1867), que em meados do século XIX defendeu que as forças eletromagnéticas são transmitidas por linhas de força que têm realidade física. Ao contrário de Faraday, que se concentrou nas linhas de força,

Maxwell voltou-se à ideia da substância que preenchia o espaço, o éter (MARTINS, 2005a). Como ressalta Peduzzi (2015), grande parte dos cientistas acreditava que a luz era uma onda que se propagava no éter. Após Maxwell identificar a luz como um fenômeno eletromagnético era crível admitir que as ondas eletromagnéticas deveriam envolver a vibração deste meio.

A versão popularizada que afirma que os físicos acreditavam na teoria do éter por pura especulação é completamente equivocada. Havia argumentos teóricos fortes que indicavam a possibilidade de medir a velocidade da Terra por meio de experimentos ópticos. O histórico das tentativas de medir a velocidade da Terra em relação ao éter é muito mais rico do que quando se o associa apenas aos experimentos de Michelson e Michelson-Morley (MARTINS, 2012). O desenvolvimento do interferômetro de Michelson, por exemplo, foi muito influenciado pelo instrumento criado por J. Jamin (PEDUZZI, 2015).

Dentre os experimentos precedentes aos de Michelson está o de François Jean Dominique Arago de 1809. O seu resultado negativo levou Augustin-Jean Fresnel (1788-1827) a escrever um artigo, a pedido do próprio Arago, que culminou no desenvolvimento de uma teoria detalhada da relação entre os corpos transparentes e o éter luminífero – sobre a qual repousou as bases de uma óptica dos corpos em movimento. Em 1845, George Gabriel Stokes (1819-1903) propôs uma nova teoria do éter. Nela o éter seria um material viscoso que aderiria à superfície dos corpos, sendo quase que totalmente arrastado pela Terra, ficando em repouso em relação a ela próximo ao solo. Tal teoria explicava os resultados negativos de experimentos como o de Arago e era compatível com todos os fenômenos conhecidos (MARTINS, 2012).

Em 1851, Armand H. L. Fizeau (1819-1896) realizou um experimento com o objetivo de testar a teoria de Fresnel, através da medição do efeito de arrastamento da luz em um meio transparente. O resultado trouxe uma relevante corroboração da teoria de Fresnel (Buchwald, 1951). Logo, o éter parecia existir e se comportar de acordo com as teorias bem estabelecidas. Fizeau procurou encontrar outros experimentos para medir os efeitos da velocidade da Terra em relação ao éter. Em 1859, afirmou ter constatado resultados positivos. Seguiram-se uma série de delicados experimentos que davam boas indicações para acreditar na teoria do éter de Fresnel nas primeiras décadas da segunda metade do século XIX. Se existissem “experimentos cruciais” a teoria de Fresnel teria sido “provada” pelo experimento de Fizeau. Este era o contexto quando Michelson iniciou seus estudos acerca do éter (MARTINS, 2012).

Peduzzi (2015) faz uma descrição detalhada do experimento de Michelson. Resumidamente, a versão do interferômetro de Michelson possui dois braços horizontais de mesmo comprimento aonde feixes de luz vindos de uma mesma fonte se movimentam pela mesma distância de forma perpendicular, sendo refletidos e voltando ao mesmo ponto. Para detectar o ‘vento do éter’ seria necessário medir a diferença de tempo entre o percurso dos dois feixes por meio das franjas de interferência. No experimento de 1881 os braços do interferômetro tinham 120 cm e Michelson sempre se mostrava frustrado por não ter conseguido detectar as franjas esperadas teoricamente.

Em 1884, ao proferir palestras nos Estados Unidos, Lord Kelvin incitou Michelson a realizar novos experimentos com o interferômetro. Durante os mesmos eventos houve uma aproximação entre Michelson e Morley. O trabalho fruto da contribuição destes dois cientistas não é uma repetição ou variação do original de 1881. No experimento realizado em 1887, a dificuldade no original de girar o aparelho foi resolvida montando o instrumento sobre um flutuador anular de madeira sustentado por mercúrio líquido. Também alteraram o caminho seguido pelos feixes, dos 120 cm originais para 1100 cm ao submeterem-nos a várias reflexões em espelhos situados nos braços do aparelho. Desta forma, a magnitude do padrão de interferência no experimento de 1887 era dez vezes maior que no original, mas novamente os resultados não foram os previstos. Apesar disto, a certeza de Michelson na existência do éter nunca foi abalada (PEDUZZI, 2015).

A importância do trabalho de Michelson, para alguns autores, não se limita à questão envolvendo o movimento da Terra em meio ao éter – afirmam que teve papel fundamental para o desenvolvimento da relatividade restrita de Einstein. Filósofos da ciência como Hans Reichenbach e Gaston Bachelard se alinham à visão empirista para a gênese da Teoria da Relatividade Restrita. Reichenbach foi um dos mais persistentes analistas filosóficos das implicações epistemológicas da relatividade. Para o autor não resta dúvida de que Einstein construiu sua teoria fundamentado em uma confiança extraordinária em dados experimentais (REICHENBACH, 1942). Os únicos experimentos citados na análise são os de Michelson. Gaston Bachelard é ainda mais efusivo em relação à origem empírica da relatividade: “Como sabemos, como tem sido repetido mil vezes, a relatividade nasceu de um choque epistemológico; nasceu do “fracasso” da experiência de Michelson” (BACHELARD, 1949, p. 566).

Muitos livros didáticos reforçam a relevância do trabalho de Michelson para a gênese da Teoria da Relatividade Restrita – inclusive,

livros aprovados no PNLDEM 2012. Por exemplo, em Biscuola et al. (2010, p. 313) lê-se que: “É preciso acrescentar que, para elaborar a Teoria da Relatividade, Einstein contou não só com a sua grande genialidade, mas com trabalhos de outros físicos, como os norte-americanos Albert A. Michelson (1852-1931) e E. W. Morley (1839-1923), e o holandês H. A. Lorentz (1853-1928)”.

Mesmo artigos de pesquisadores da área de educação científica fazem explicitamente a ligação entre os experimentos de Michelson-Morley e a teoria proposta por Einstein em 1905. Por exemplo, Rodrigues et al. (2011) descrevem que (p. 6):

[...] a não detecção experimental do éter fez surgir a necessidade de que todas as leis físicas obedecessem ao princípio da relatividade. Culminando, assim, com o surgimento de duas teorias da relatividade: a Relatividade de Lorentz – Poincaré, onde é mantido o éter como um conceito útil, embora impossível de detectar; e a Relatividade Restrita de Einstein, onde há um rompimento com o conceito de éter.

8.3 COM A PALAVRA, EINSTEIN

8.3.1 O artigo de 1905

No início do século XX, haviam sido malsucedidas todas as tentativas de explicar os campos eletromagnéticos em termos mecânicos. Físicos, como Max Abraham, procuravam uma visão eletromagnética de mundo em detrimento da visão mecânica. Einstein, no entanto, estava convencido que nem a Mecânica nem o Eletromagnetismo poderiam sobreviver intactos; ambos teriam que ser modificados ao levar em conta os novos avanços da Física (STACHEL, 2005).

O trabalho em que Einstein apresenta sua Teoria da Relatividade Restrita foi publicado em 1905 no periódico *Annalen der Physik*. O artigo com o título "*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*" ("Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento") fez parte do que ficou conhecido como *annus mirabilis* de Einstein, pois neste ano Einstein escreveu outros quatro artigos. O objetivo do trabalho foi, a partir da eletrodinâmica de Maxwell para corpos em repouso, fornecer uma eletrodinâmica para corpos em movimento, como fica claro desde a

primeira frase: "Sabe-se que a eletrodinâmica de Maxwell, como geralmente entendida no tempo presente, quando aplicada de corpos em movimento, leva a assimetrias que não parecem ser inerentes aos fenômenos".

A relatividade do movimento levava a assimetrias que Einstein conhecia de seus estudos sobre a teoria de Maxwell (Arruda e Villani, 1996). De acordo com o 'princípio da relatividade' formulado por Poincaré, os fenômenos físicos devem ser os mesmos para observadores fixos ou transportados em movimento uniforme. Vários pesquisadores tentaram conciliar a teoria eletromagnética com o princípio da relatividade, já que o eletromagnetismo de Maxwell parecia estar em desacordo com tal princípio. O resultado destas pesquisas é o que chamamos hoje de Teoria da Relatividade Restrita. Sua construção, em grande parte, ocorreu antes do artigo original de Einstein de 1905 (MARTINS, 2010).

A criação de uma teoria onde todos os processos físicos fossem equivalentes em quaisquer referenciais em movimento relativo era um problema que ocupava grandes cientistas no final do século XIX e início do século XX. Em particular, a questão de quais mudanças nas manifestações eletromagnéticas ou ópticas poderiam ser medidas em sistemas inerciais que se movem uns em relação aos outros era uma questão que ocupava Einstein. Já havia teorias que eram convincentes neste sentido antes do trabalho de Einstein. Durante a década de 1880, por exemplo, Lorentz já havia desenvolvido sua teoria. Apesar de Einstein conhecer muito bem a teoria de Lorentz quando desenvolveu sua relatividade restrita publicada em 1905, ela não o satisfazia, talvez por sua complexidade (RENN, 2005).

É preciso ressaltar que, apesar de grande parte da relatividade restrita ter sido desenvolvida antes de Einstein, há três novidades fundamentais em seu trabalho publicado em 1905: (i) a estruturação da teoria de maneira muito mais simples que Lorentz e Poincaré, ao deduzir a cinemática relativística a partir de dois postulados; (ii) propor a equação $E=mc^2$ como uma relação geral da teoria ao sugerir que fosse aplicável em todos os casos e; (iii) tornar supérflua a introdução do éter. (MARTINS, 2005a).

Einstein não apontou desde o início de seu artigo de 1905 nenhum descontentamento entre teorias e fatos estabelecidos. Ele até se refere a algumas observações, mas todas longamente conhecidas e compreendidas. Como Holton (1969) chama a atenção, o mesmo comportamento foi adotado por Copérnico, Galileu (no Diálogo) e Newton – nenhum deles se fundamentou em fatos experimentais

recentemente disponíveis, mas mesmo assim suas propostas explicavam dados empíricos que as teorias anteriores não conseguiam. Em nenhum momento durante o texto, Einstein dá a entender que sua proposta é feita para tentar salvar algum fenômeno. Em nenhum local do artigo pode-se perceber algum indicativo que tenha considerado a experiência de Michelson como crucial ou mesmo essencial para sua proposta – até mesmo se ele sabia de sua existência.

Por mais de uma vez durante o artigo, Einstein teve oportunidade de citar o experimento de Michelson, caso ele tivesse tido alguma influência. A primeira foi logo após descrever detalhes do caso do experimento de corrente induzida com condutores e ímãs: “tentativas frustradas de descobrir qualquer movimento da terra relativamente à "forma de luz," sugerem que os fenômenos da eletrodinâmica, bem como da mecânica, não possuem propriedade correspondente à ideia de repouso absoluto”. Nem o experimento de Michelson, tampouco qualquer outro experimento do suposto movimento da Terra no éter, é citado pelo nome. Mesmo tendo sido feita referência a eles, não parecem desempenhar papel crucial na argumentação.

Como analisa Martins (2005b), quase todos os resultados do artigo de 1905 obtidos por Einstein já haviam sido alcançados antes por Lorentz e Poincaré. No entanto, havia uma importante diferença; enquanto os antecessores de Einstein aceitavam a existência do éter, ele negou esta hipótese. Já quase no final da introdução do artigo, Einstein teve outra oportunidade de citar o experimento de Michelson ao afirmar que a introdução de um éter luminoso era supérflua, pois sua argumentação não exige um espaço absolutamente estacionário com propriedades especiais. As equações de transformação de Lorentz derivam dos postulados e guiam a transformação das equações de Maxwell-Hertz para todos os fenômenos eletrodinâmicos. Velhos fenômenos ópticos conhecidos devido ao movimento da Terra decorrem desta nova abordagem, mesmo anteriores aos experimentos de Michelson, como o efeito Doppler relativista. Em nenhum momento Einstein indica uma reinterpretação dos resultados negativos de Michelson-Morley. Algumas frases, inclusive, mostram uma falta de preocupação com detalhes complicados da física experimental, ou mesmo falta de tempo e interesse em entrar em detalhes sobre estas experiências. Desta forma, Einstein renuncia uma segunda vez à oportunidade de citar os experimentos de Michelson, se eles tivessem tido influência na gênese de sua proposta (HOLTON, 1969).

Vários outros pontos do artigo de Einstein indicam uma despreocupação com resultados empíricos para a construção da Teoria

da Relatividade Restrita. Por exemplo, quando Einstein descreve os dois postulados, que são à base do trabalho, ele não se refere a qualquer conjunto de dados experimentais ou mesmo alguma experiência bem conhecida. Em alguns casos, o autor descreve que suas propostas estão de acordo com experiências estabelecidas. Apesar disto, quando as equações que podem explicar experimentos clássicos, como a de Fizeau, da teoria do arrasto do éter, são desenvolvidas, elas não são explicitamente vinculadas a estes experimentos.

Einstein aceitava como premissa para a reformulação da eletrodinâmica as reformas nos conceitos de espaço e tempo. Ele irá deixar claro em sua autobiografia, que não é dever de uma teoria ser construída a partir de fatos empíricos, apenas, segundo o cientista, não pode entrar em conflitos com resultados experimentais bem estabelecidos.

De acordo com Martins (2005b), não se coloca em dúvida que Einstein sabia da existência de experimentos infrutíferos que pretendiam detectar o movimento da Terra em relação ao éter. No entanto, não há nada no artigo original de 1905 que deixe claro, ou mesmo indique, que Einstein considerou os experimentos de Michelson durante a formulação da proposta da Teoria da Relatividade Restrita, ou até mesmo que ele conhecia seus resultados durante a construção de seu argumento. Segundo Arruda e Villani (1996), as contribuições de Einstein em 1905 devem ser vista como uma tentativa de unificação da Física. O trabalho teve como objetivo reformular a teoria eletromagnética de Maxwell, não teorizar resultados empíricos. Ele buscava uma perfeição teórica interna, procurando uma estética que os cientistas não tinham ainda levado a termos empíricos.

8.3.2 Notas autobiográficas

As *Notas Autobiográficas* (EINSTEIN, 1982) foram escritas em 1946 e publicadas originalmente em 1949. No livro há fortes indícios que o jovem estudante Albert Einstein tinha convicções empiristas, e não poderia ser diferente em um cenário de uma ciência que se desenvolve à luz do empirismo lógico. No entanto, o cientista escreve que pouco depois de 1900, após conhecer o trabalho de Planck, teve o convencimento de que nem a Mecânica, tampouco a Eletrodinâmica, poderiam alegar validade exata.

Nem sempre Einstein negou o éter, como quando introduziu a sua relatividade restrita. Quando ainda era estudante, em torno de 1897-98, ele inclusive planejou construir artefatos experimentais para medir a

velocidade da Terra em relação ao meio. Em cartas a Mileva Maric e Marcel Grossmann é possível ter indicativos que ele acreditava na existência do éter até pelo menos 1901 (PAIS, 1995).

A crença no éter foi colocada de lado para o nascimento da relatividade restrita de Einstein. Em relação à gênese da teoria, Einstein aborda explicitamente este assunto em sua autobiografia. “A teoria da relatividade especial tem a sua origem nas equações de Maxwell dos campos electromagnéticos” (Einstein, 1982, p. 63). Também Einstein deixa bem claro que não foram dados empíricos que levaram à sua proposta, na talvez mais conhecida passagem das *Notas Autobiográficas* (*ibid.*, p. 51-53):

Aos poucos me desesperava da possibilidade de descobrir as verdadeiras leis por meio de esforços construtivos baseados em fatos conhecidos. Longa e desesperadamente eu tentei, mais cheguei à convicção de que só a descoberta de um princípio universal formal poderia levar a resultados seguros. [...] Após dez anos de reflexão resultou um paradoxo sobre o qual eu já tinha batido com a idade de dezesseis anos: Se eu tentar alcançar um feixe de luz com a velocidade c (velocidade da luz no vácuo), eu deveria observar tal feixe de luz como um campo eletromagnético oscilatório espacialmente em repouso? No entanto, não parece existir tal coisa, quer com base na experiência ou de acordo com as equações de Maxwell. [...] Vê-se que neste paradoxo o germe da teoria da relatividade especial já está contido.

Em nenhum momento, durante todas suas *Notas Autobiográficas*, Einstein cita as experiências de Michelson ao escrever sobre as origens da Teoria da Relatividade Restrita. Martins (2010) ainda relata que para Einstein, inclusive, a sua relatividade restrita não obriga a negar a existência do éter. Sendo possível admitir sua existência “apenas desistindo de atribuir um estado definitivo de movimento” (EINSTEIN, 1920 *apud* MARTINS, 2010). Einstein não provou a inexistência do éter, embora o tivesse rejeitado no desenvolvimento da sua relatividade restrita publicada em 1905.

Mais tarde, ao desenvolver a relatividade geral, Einstein parece se reaproximar da validade do conceito de éter. Em uma conferência na Holanda em 1920, chega a comparar “o éter da relatividade geral” com

o éter de Lorentz, diferenciando-os por o primeiro depender das influências da matéria e energia em cada lugar, e para Lorentz o éter era igual em todos os pontos (MARTINS, 2010).

Sendo assim, parece improvável que algum experimento com resultados negativos de detecção do éter possa ter tido papel decisivo na gênese da relatividade. O desenvolvimento da teoria não exclui a existência deste ente e mesmo Einstein não parecia convencido da inutilidade do conceito; apenas o considerou supérfluo no desenvolvimento de sua relatividade restrita. Além de tudo, o fato de Einstein ao desenvolver sua relatividade geral se aproximar do conceito de éter, dá indicativos de que ele não dava muita importância à necessidade de provas empíricas no desenvolvimento das teorias, ao invocar um ente que muitos falharam em tentar detectar.

8.3.3 Entrevistas com R. S. Shankland, cartas e falas públicas

Em artigo publicado em 1963, R. S. Shankland relata entrevistas de Einstein realizadas por ele em Princeton entre 1950-54. As conversas tratam principalmente do trabalho de Michelson, particularmente o de Michelson-Morley e também dos experimentos de Miller.

No início do artigo, Shankland (1963, p. 47-48) deixa claro que o objetivo das entrevistas era para “aprender com ele o que realmente achava sobre os experimentos de Michelson-Morley, e em que grau eles o tinham influenciado no desenvolvimento da Teoria Especial da Relatividade”. A resposta de Einstein para a pergunta sobre quando havia conhecido os experimentos de Michelson foi que eles chamaram a sua atenção por meio do trabalho de Lorentz e só depois de 1905. Einstein ainda afirma que se os experimentos de Michelson tivessem relevância para ele antes de 1905, ele os teria citado no artigo. Ele continuou dizendo que os resultados experimentais que mais o influenciaram foram as observações sobre a aberração estelar e de Fizeau, também as medições da velocidade da luz na água em movimento. "Eles eram o suficiente", disse Einstein a Shankland.

Shankland entrevistou Einstein dois anos mais tarde. Também nesta ocasião questionou acerca do papel dos experimentos de Michelson na gênese da Teoria da Relatividade Restrita (p. 55):

Eu perguntei ao Professor Einstein quando ele ouviu pela primeira vez sobre o experimento de Michelson. Ele respondeu: "Isso não é tão fácil, eu não tenho certeza quando ouvi pela primeira

vez sobre a experiência de Michelson. Eu não estou consciente se ela me influenciou diretamente durante os sete anos que a relatividade foi minha vida. Acho que eu tinha como certo que seus resultados eram verdade".

Durante toda a entrevista, Einstein não esconde a admiração e respeito que tinha por Michelson, chegando a declarar que o amava. Nas entrevistas a Shankland parece claro que os experimentos de Michelson só chamaram sua atenção depois de 1905, principalmente durante as discussões com Lorentz no desenvolvimento da relatividade geral. No entanto, os resultados dos experimentos de Michelson, e depois junto com Morley, eram perfeitamente compreendidos a partir da relatividade restrita.

O próprio Shankland publicou artigo (SHANKLAND, 1964) onde transcreve carta de Einstein escrita em 1952 para a Sociedade de Física de Cleveland, em homenagem ao centenário de Michelson. Nesta carta, além de tecer elogios a Michelson, chamando-o inclusive de artista da ciência, Einstein reafirma que, caso o experimento de Michelson do vento do éter, tenha tido alguma influência, ela não foi relevante: "A influência do famoso experimento de Michelson-Morley sobre os meus próprios esforços [deliberações] foi bastante indireta".

Na mesma carta, o único experimento citado como fundamental para a gênese da Teoria da Relatividade Restrita foi a experiência de pensamento, de se buscar um feixe de luz com a velocidade c , descrita no artigo de 1905. Outros três experimentos são citados como mais importante que o de Michelson-Morley para a relatividade, os que foram apresentados no trabalho de Lorentz de 1895. Tais evidências estão em consonância com outras a partir das entrevistas de Shankland, que permitem acreditar que o livro de Lorentz que Einstein provavelmente estudou e leu foi de 1895, além do artigo de 1892 publicado na França. Neles, Einstein encontrou o experimento de Michelson, sem, no entanto, nenhum tratamento para ser considerado como um evento crucial sobre a qual uma nova física deveria ser construída. O experimento de Michelson era apenas um das várias experiências descritas na obra.

Einstein escreveu a seu amigo Michele Besso para comentar a notícia que Dayton Miller havia anunciado resultados empíricos que anulavam o segundo postulado da relatividade restrita. Na carta à Besso Einstein afirma que: "Eu não o levei a sério por um minuto". Esta resposta parece indicar o quanto para Einstein os resultados negativos dos experimentos de Michelson-Morley não eram uma conclusão de

uma análise empírica, Einstein acreditava nestes resultados por uma questão teórica que não parecia poder ser refutada por experimentos como os de Miller.

A primeira e única vez que Einstein encontrou Michelson foi na visita do cientista europeu à Pasadena em 1931. Apesar de Einstein admirar o trabalho de Michelson, este não apreciava a relatividade e seu papel na superação das teorias do éter. Ele tinha certeza que suas experiências tinham tido papel central na gênese da relatividade restrita. Isto pode ser entendido nas entrevistas de Einstein à Shankland quando ele declarou que Michelson havia lhe dito que não gostava das teorias que haviam seguido ao seu trabalho, que estava triste com o monstro que seu trabalho havia gerado.

Não haveria ocasião mais adequada para reconhecer a influência dos experimentos de Michelson para a elaboração da Teoria da Relatividade Restrita que uma fala de Einstein com Michelson na plateia, como no evento de 1931 em Pasadena. O texto do discurso de Einstein na ocasião foi publicado em alemão em 1949 na revista *Science* (93: p. 544-545). Nele Einstein declara que Michelson havia estimulado as ideias de Lorentz e FitzGerald a partir das quais a relatividade restrita foi desenvolvida.

Portanto, Einstein não traçou ligação genética entre a sua relatividade restrita e os experimentos de Michelson e de Michelson-Morley, nem quando teve uma ocasião propícia com Michelson na plateia de sua fala. Mas reconheceu que o trabalho de Michelson contribuiu para a construção da ciência que levou à relatividade. A importância que a fala de Einstein atribuiu aos resultados negativos de Michelson está na aceitação da relatividade pelos pares, não em sua construção.

Outro documento relevante para ser analisado é o registro das observações do cientista em 1931 ao *Physikalische Gesellschaft*, em Berlim. O evento foi em memória de Michelson, que faleceu em 9 de maio de 1931. Mais uma vez, Einstein não faz qualquer ligação genética entre os experimentos de Michelson e a relatividade restrita, e se limita a enfatizar a importância dos resultados negativos para a aceitação dos pares. Isto fica explícito em seu comentário: "Esse resultado negativo [da experiência de Michelson] grandemente avançou a crença na validade da teoria".

Uma década mais tarde, em 1942, Einstein escreve uma carta resposta ao escritor B. Jaffe onde aborda novamente a questão (Jaffe, 1944). Nela reafirma que a importância do trabalho de Michelson sobre sua relatividade restrita foi ao reforçar a convicção da validade dos seus

princípios, que foram desenvolvidos antes de ele saber dos resultados dos trabalhos de Michelson. Novamente Einstein reafirma que o papel relevante dos experimentos para a relatividade foi no sentido de ajudar a convencer a comunidade de sua validade.

Uma última carta que será analisada é a de Einstein ao historiador FG Davenport. A resposta de Einstein foi para um questionamento do remetente de como as experiências de Michelson haviam pavimentado o caminho para a Teoria da Relatividade Restrita. A resposta de Einstein data de 9 de fevereiro de 1954 (HOLTON, 1964, p. 194). Após fazer considerações sobre a origem de sua relatividade restrita, tal qual exposta no próprio artigo de 1905, Einstein reafirma que “podemos, portanto, entender por que na minha luta pessoal o experimento de Michelson não desempenhou nenhum papel ou pelo menos nenhum papel decisivo”.

Uma possível conclusão da análise dos escritos e falas do próprio Einstein é que os experimentos de Michelson eram muito considerados por ele, que chamou por vezes seu autor de artista da ciência. No entanto, seus resultados apenas reforçaram uma convicção teórica-estética de Einstein, que já assumira a validade dos dados dos experimentos como corretos antes de estudar o trabalho de Michelson. Apesar de admitir que os resultados negativos dos experimentos foram muito importantes para a aceitação da teoria, não há evidências de que tenham tido alguma importância em sua gênese.

8.4 CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS

Uma discussão explícita das questões colocadas anteriormente sob o viés de Feyerabend pode ser útil na formação inicial de professores procurando desconstruir opiniões problemáticas sobre o conhecimento científico. Conforme Massoni (2010), grande parte dos egressos dos cursos de licenciatura têm opiniões problemáticas acerca do empreendimento científico. Por isto, a discussão das questões levantadas anteriormente, junto com a análise epistemológica que se segue, pode contribuir para uma construção de uma opinião dos professores mais alinhada com a moderna filosofia da ciência. Como alerta a autora, não basta apresentar a história da ciência para os licenciandos; é necessário uma discussão epistemológica explícita. A opção pela epistemologia de Feyerabend se justifica por se acreditar que ela esteja alinhada a uma visão de educação útil para a sociedade moderna – a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Também,

por estes referenciais epistemológicos e educacionais são complementares e coerentes, conforme sugere a literatura (DAMASIO e PEDUZZI, 2015b).

Antes de tudo, no entanto, é preciso definir o que se entende aqui por relativismo e racionalismo. Os termos na moderna filosofia da ciência podem ser usados de maneiras diferentes. Neste trabalho, utiliza-se tais vocábulos de acordo com a epistemologia de Paul Feyerabend. Segundo sua definição, o termo racionalidade “significa evitar certas ideias e aceitar outras”; “no sentido formal, significa seguir certo procedimento” (2010, p. 17). O racionalismo é, neste contexto, a filosofia inerente a esta abordagem teórica, que é definido por Feyerabend como a ideia de que há regras e padrões gerais para guiar nossos assuntos.

Por relativismo, Feyerabend entende que existe uma variedade de pontos de vista, destacando três deles (prático, democrático e epistemológico), todos se afastando da ideia que esta filosofia tende à arbitrariedade. Ao levantar a questão, Feyerabend forja o que chamou de Tese 1, na qual indivíduos, grupos e civilizações inteiras podem lucrar com o estudo de culturas, instituições e ideias diferentes das suas. Para o epistemólogo, o relativismo afirma que sociedades diferentes podem olhar o mundo de maneiras distintas e considerar coisas diferentes como aceitáveis, além de que existem muitas maneiras diferentes de viver e acumular conhecimento. Por exemplo, as teorias científicas se ramificam em várias direções, usam conceitos diferentes e descrevem eventos de maneira diferentes.

Logo no prefácio de sua obra mais importante, *Contra o método*, Feyerabend ressalta que suas ideias não são novas. “Minha interpretação do conhecimento científico, por exemplo, era uma trivialidade para físicos como Mach, Boltzmann, Einstein e Bohr” (FEYERABEND, 2007, p. 9). De fato, Einstein acreditava que não existe caminho racional a seguir para a construção de uma teoria. Os racionalistas têm ânsia por uma sequência linearizada que leve a uma teoria científica. Einstein discordava, como deixou claro em entrevistas, segundo o relato de Shankland (1963, p. 48): “Isso o levou a comentar com algum pormenor sobre a natureza dos processos mentais, em que eles não aparecem como um movimento de passo a passo rumo a uma solução, enfatizando-os como uma rota tortuosa a que nossas mentes tomam através de um problema”. Percebe-se que Einstein não está se referindo a caminhos não logicamente encadeados somente no contexto da descoberta, mas também no que Reichenbach chamou de contexto da justificativa.

Feyerabend sugere superar a distinção entre contexto da descoberta e contexto da justificativa, que para o autor, não desempenha nenhum papel na prática científica, e “tentativas de impô-lo teriam consequências desastrosas” (FEYERABEND, 2007, p. 207). Para o epistemólogo, a prática científica não tem estes dois contextos. Ao contrário, ela é uma complexa mistura de procedimentos, que não permite traçar onde começaria e terminar o contexto da descoberta para iniciar-se o contexto da justificativa. Feyerabend vai ainda mais longe: se os cientistas tivessem sido obrigados a seguir as regras que os metodólogos exigem no contexto da justificativa, a ciência como a conhecemos não teria se desenvolvido. A prática científica, segundo o autor, é uniforme durante todo o processo de criação, desconstruindo a exigência racionalista dos dois contextos descritos por Reichenbach.

Para Einstein, a atividade científica parece ter alguma ordem somente no final. Em seu percurso, o cientista segue caminhos que um racionalista iria descrever como não científicos. Einstein tinha várias convicções sobre o fazer ciência; como a encontrada nas entrevistas com Shankland (1963, p. 50):

Quase todos os historiadores da ciência são filólogos e não compreendem o que os físicos estavam visando, como eles pensaram e lutaram com os seus problemas [...] Ele luta com os seus problemas, sua tentativa usando todos os meios possíveis para encontrar uma solução que vem, finalmente, por muitas vezes, por meios indiretos.

Para Feyerabend, a ciência em desenvolvimento é o resultado de uma solução de controvérsias. A criação de uma teoria e a compreensão plena da ideia correta sobre ela, são parte de um único processo indivisível – e não podem ser separadas para não interromper tal processo. Este curso é guiado por um vago anseio, uma paixão, que “dá origem a um comportamento específico que cria as circunstâncias e as ideias necessárias para analisar e explicar o processo, para torná-lo ‘racional’” (FEYERABEND, 2007, p. 41).

Conforme foi mencionado na seção anterior, parece claro que Einstein tinha uma inquietação causada por paixão a uma simetria, em relação ao fenômeno que ele considerou, que não parecia ser tão importante para outros contemporâneos. A partir deste seu anseio, ele desenvolveu sua teoria que, ao final de todo o processo, pode parecer racionalmente construída. Isto não é uma exceção, segundo Feyerabend,

mas algo recorrente na história da ciência: as teorias só parecem razoáveis, claras e aceitáveis quando partes internas incoerentes foram usadas por um tempo. “Esse prelúdio desarrazoado, insensato e sem método revela-se, assim, ser uma condição inevitável de clareza e de êxito empírico” (FEYERABAND, 2007, p. 41). Pode-se relacionar isto com o que Einstein fala sobre os caminhos indiretos durante a construção das teorias, e ao que chamou de luta para superar os problemas da teoria em desenvolvimento.

A epistemologia de Feyerabend é por vezes chamada de anarquista. O termo foi usado de forma jocosa por Imre Lakatos, grande amigo de Feyerabend, para classificar a abordagem epistemológica deste autor. O epistemólogo não teve objeções de vestir a capa de anarquista, até porque, como ele mesmo confessa, adorava usar de ironias e provocações em suas abordagens. Feyerabend questiona se as regras dos metodólogos – entre eles: empiristas, indutivistas e racionalistas – são capazes de explicar a complexidade do desenvolvimento científico. Segundo ele, o labirinto de interações da história da ciência não pode ser apanhado por um punhado de regras e procedimentos que agrada a um metodólogo, seja qual for a corrente filosófica a que ele esteja filiado. Especificamente em relação ao episódio histórico discutido, a exigência dos empírico-indutivistas de começar as teorias científicas com dados empíricos, na sua defesa da ligação genética entre os experimentos de Michelson-Morley e a Teoria da Relatividade Restrita, tampouco pode ser sustentada à luz da análise histórica do episódio.

Em relação à educação científica, para Feyerabend, quando ela é pautada por uma filosofia racionalista, simplifica-se a história da ciência tornando-a tediosa, uniforme, lógica e objetiva – acessível a um tratamento por meio de regras e procedimentos metodológicos fixos e imutáveis. O motivo para se afastar da filosofia racionalista é defendida pelo autor por duas razões. A primeira é que o mundo que queremos descrever é uma entidade em grande parte desconhecida, desta forma, devem-se deixar as opções em aberto sem restrições metodológicas. A segunda é que uma educação científica racionalista limita o crescimento pessoal dos alunos ao catequizar padrões universais e tradições rígidas (FEYERABEND, 2007).

Em relação à dependência de dados empíricos para o fazer ciência, Feyerabend chama de princípio da autonomia o núcleo duro do método empírico. Segundo este princípio, os fatos existem e estão disponíveis independentes de considerar ou não alternativas teóricas. Para o epistemólogo, este é “um retrato demasiadamente simples da situação real. Fatos e teorias estão mais intimamente ligados do que o

admite o princípio da autonomia” (FEYERABEND, 2007, p. 54). Segundo Feyerabend, não é apenas a descrição dos fatos que depende de alguma teoria, alguns deles não podem ser revelados sem o auxílio de teorias alternativas. Desta forma, os fatos refutadores serão precedidos por alternativas teóricas. Isto parece ser plausível com o caráter refutador das teorias do éter exercido pelo experimento de Michelson-Morley, que só pode ser considerado como “experimento crucial” para superar tais teorias, após a proposta da relatividade restrita – e não como ponto de partida para uma revolução como apregoam algumas posições racionalistas.

Apesar de negar por várias vezes que os resultados dos experimentos de Michelson-Morley tenham pautado o desenvolvimento da relatividade restrita, Einstein reconhecia sua importância em outra instância. É bem provável, como o próprio cientista alemão admitiu, que sem o trabalho de Michelson os físicos não teriam aceitado a relatividade restrita e considerariam abandoná-la. A importância do experimento está no convencimento da comunidade, a aceitação dos pares, que é uma das mais importantes etapas do estabelecimento de uma teoria científica.

Para Feyerabend, há circunstâncias que a argumentação perde importância, inclusive durante o desenvolvimento científico. Os argumentos, para o epistemólogo, só têm utilidade depois de algum convencimento prévio das pessoas que são argumentadas e que argumentam. Assim, as velhas formas de argumentação se mostram demasiadamente fracas antes da deste convencimento dos envolvidos. Nestes casos, outras formas de persuasão são necessárias, como a propaganda e a coerção. Para Feyerabend, aquilo que parece a voz da razão (argumentos e contra-argumentos) não passa de efeito casual subsequente deste processo de persuasão aonde “interesses, forças, propaganda e técnicas de lavagem cerebral desempenham, no desenvolvimento de nosso conhecimento e no desenvolvimento da ciência, um papel muito maior que geralmente se acredita” (FEYERABEND, 2007, p. 40).

As ideias de Feyerabend parecem ganhar força quando se percebe, segundo a própria análise de Einstein, que o convencimento dos pares da ciência sobre a pertinência da teoria não se deveu apenas a aspectos próprios dela, como sua coerência e consistência interna. Para a comunidade não ter abandonado a teoria, outros fatores, como os dados experimentais de Michelson-Morley, que não eram oriundos da sua construção teórica, foram úteis. Normalmente, apenas argumentos

oriundos da própria teoria não são suficientes para uma teoria “pegar”, como ocorreu com a relatividade restrita.

Einstein admitia a importância dos trabalhos de Lorentz para sua proposta da relatividade restrita. O papel fundamental do trabalho de Lorentz para a relatividade einsteiniana pode ser um pouco incômodo para alguns racionalistas, pois foram de importância seminal as hipóteses *ad hoc* nesta construção teórica. Apesar dele não apreciar esta característica de sua teoria, Lorentz usou explicitamente ou implicitamente, pelo menos, onze diferentes pressupostos ou hipóteses *ad hoc* em seu trabalho publicado originalmente em 1904. Holton (1969) fez uma contagem do número de vezes que os termos “hipótese” ou “suposição” e seus equivalentes diretos são citados no artigo de 1904, afirmando que foram mais de trinta. A hipótese da contração de Lorentz-FitzGerald, por exemplo, foi claramente *ad hoc*. Coube a Einstein “limitar” este número de hipóteses, segundo a análise de Holton, e ainda ampliá-las para além da mera explicação das experiências, conforme o próprio Lorentz já previra ser possível.

Feyerabend ressalta que na ciência contemporânea, principalmente na física matemática moderna, as aproximações *ad hoc* são abundantes – tendo papel fundamental na teoria quântica, por exemplo. Estas aproximações ocultam e até eliminam dificuldades das teorias. “Criam a falsa impressão da excelência da nossa ciência” (FEYERABEND, 2007, p. 83). Como destaca Silveira (1996a), para alguns racionalistas como Popper, o método científico se caracteriza pela discussão crítica do conhecimento científico. Neste método racionalista crítico “hipóteses suplementares *ad-hoc* (hipóteses a favor das quais os únicos fatos são aqueles que elas pretendem explicar) devem ser evitadas” (op. cit, p. 203). Se tais orientações fossem seguidas a risca durante a gênese da relatividade restrita, provavelmente a teoria não teria sido criada.

Einstein acreditava que o desenvolvimento de uma teoria não levava a uma certeza, mas a uma boa probabilidade de estar-se corrigindo algo. Para Feyerabend, a ciência não é uma medida universal de excelência. “A ciência não é nem uma tradição isolada nem a melhor tradição que há” (FEYERABEND, 2007, p. 319). Apesar de o autor acreditar que não exista um empreendimento único chamado ciência ou uma ‘visão de mundo científica’, a ciência produziu muito conhecimento útil. O que Feyerabend destaca é que também se pode aprender com outras tradições, e que o desenvolvimento da ciência depende de contribuições de outras tradições.

Feyerabend faz a asserção de que qualquer ideia, mesmo antiga e absurda, é capaz de aperfeiçoar o nosso conhecimento. Toda a herança cultural é absorvida na ciência e utilizada para seu desenvolvimento. As alternativas de um cientista podem “ser tomadas de onde quer que seja possível encontrá-las – de mitos antigos e preconceitos modernos, das elucubrações dos especialistas e das fantasias de excêntricos” (FEYERABEND, 2007, p. 64). Sendo assim, a história inteira de uma disciplina é usada no intento de aperfeiçoar seu estágio mais contemporâneo.

Para Feyerabend, um cientista tentará aperfeiçoar e não descartar concepções aparentemente vencidas. Quando se analisa a relação do trabalho de Einstein com o conceito do éter, as asserções de Feyerabend parecem fazer mais sentido. Apesar de Einstein ter deixado de lado inicialmente o conceito, ele o aperfeiçoou no desenvolvimento de sua relatividade geral, admitido até a existência de ‘um éter da relatividade geral’. Segundo Martins (2010), Einstein aceitou inicialmente o princípio da relatividade e outras ideias de Poincaré, no entanto, rejeitou o éter por este não poder ser detectado e por considerá-lo puramente hipotético. Martins afirma que o retorno ao éter de Einstein demonstra que ele não tinha uma postura epistemológica rígida, utiliza a concepção que lhe fosse mais conveniente no momento.

De acordo com Feyerabend, a atitude de Einstein em relação ao éter parece à norma, pois é preciso entender que uma ideia nunca é examinada em todas as suas ramificações possíveis. Descartar qualquer ideia é um desperdício de suas potencialidades ainda não exploradas. Logo, o pluralismo de ideias e de concepções metafísicas é, não só importante, mas essencial a um cientista em seu trabalho.

8.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS – QUAL A OPINIÃO CORRETA DA NATUREZA DA CIÊNCIA SEGUNDO O RELATIVISMO DE FEYERABEND?

A discussão anterior levantou algumas opiniões problemáticas acerca do conhecimento científico, em particular a opinião de uma ciência de natureza empírico-indutivista. A questão que se coloca, então, é se existe e quais seriam as características da natureza da ciência que devem estar presentes para garantir o status de científico a um trabalho.

A tese principal da epistemologia de Feyerabend tem implicações diretas nesta questão: os eventos, procedimentos e resultados que constituem as ciências não têm uma estrutura comum. Logo, qualquer

exemplo é, apenas, (mais) um exemplo. Não pode ser usado para fins de generalização! Vários exemplos de desenvolvimento concretos das ciências, como as chamadas revoluções copernicana e darwiniana, têm características distintas. Para Feyerabend: “A pesquisa bem-sucedida não obedece a padrões gerais” (2007, p. 19).

As teorias racionalistas da ciência delineiam padrões e elementos estruturais para todas as atividades científicas, e o fazem em nome da razão ou racionalidade. Para procurar desconstruir a ânsia racionalista por padrões e dar lastro a sua tese principal, Feyerabend utiliza-se de exemplos históricos, apesar de reconhecer que tais exemplos não estabelecem sua tese, apenas a tornam plausível. De acordo com a estrutura da epistemológica de Feyerabend, qualquer enunciado sobre uma opinião correta acerca da natureza da ciência pode ser enfraquecido. Para qualquer regra ou afirmação geral sobre as ciências, sempre haverá desenvolvimentos científicos em que eles não estavam presentes. Esta posição de Feyerabend é diferente de outros epistemólogos como Popper, Kuhn e Lakatos. Na educação científica é importante que se apresente aos alunos discussões, e não imposições, sobre a natureza da ciência compatíveis com concepções da moderna filosofia da ciência. Desta forma, outras formas de ver a questão diferentes da de Feyerabend não podem ser descartadas, de forma alguma, e devem ser levadas em consideração. A pluralidade de pontos de vista é fundamental na construção do conhecimento.

Como consequência da tese principal da epistemologia de Feyerabend está que o sucesso da ciência não pode ser explicado de maneira fácil. Nenhum avanço científico foi feito por ter seguido procedimentos identificados pelos racionalistas como essenciais. As explicações históricas dos detalhes de cada desenvolvimento da ciência devem incluir análise das circunstâncias sociais, dos acidentes e das idiossincrasias pessoais.

Não há maneira também de garantir que a ciência seja bem sucedida por seguir procedimentos uniforme. Inicialmente porque nem sempre a ciência é bem sucedida, existem muitos fracassos para quem olha para sua história. Também, por que não há procedimentos uniformes na ciência. A avaliação do trabalho de um cientista só pode ser feita depois que ele concluiu a estrutura de sua proposta. “Talvez ela fique em pé, talvez desabe – ninguém sabe” (FEYERABEND, 2007, p. 21). Portanto, segundo este ponto de vista não há maneira de garantir de antemão o sucesso de um procedimento científico. Na análise do episódio histórico pode-se perceber que avaliação do trabalho de Einstein foi feita após ele concluí-lo e publicá-lo. Sua aceitação se valeu

do experimento de Michelson-Morley para a comunidade convencer-se da sua validade, mesmo que, ao que tudo indica, o experimento não tenha sido considerado na construção de Einstein. Durante o desenvolvimento da relatividade restrita einsteniana, se ela fosse interrompida por não ter seguido uma ou outra regra de algum metodólogo, provavelmente Einstein nunca teria terminado seu trabalho.

Para Feyerabend, uma questão intimamente ligada à tese principal de sua epistemologia é que pode haver muitas espécies diferentes de ciência, muitas maneiras de fazer ciência e contribuir com o conhecimento científico. Toda opinião sobre a natureza da ciência é uma entre muitas possíveis, o que reflete a heterogeneidade do procedimento científico. Qualquer opinião sobre o conhecimento científico não pode ignorar que o empreendimento científico deve olhar para outras tradições e outros procedimentos que não os recomendados pelos racionalistas.

Não raro, as ideias de Feyerabend causam desconfortos em supostos admiradores do empreendimento científico, o que lhe valeu a alcunha de ‘pior inimigo da ciência’. A epistemologia de Feyerabend considera que a “ciência é uma das invenções mais maravilhosas da mente humana” (FEYERABEND, 2007, p. 23). O que Feyerabend chama de ciência está muito longe dos procedimentos defendidos por *alguns* racionalistas e o que estes acreditam caracterizar a natureza da ciência. Contra este tipo de entendimento que limita a complexidade do empreendimento científico, reduzindo-o a um punhado de enunciados e padrões, que de fato Feyerabend pode ser considerado um grande inimigo, talvez não o pior, mas um amplo opositor.

A epistemologia relativística pode ser um importante aporte para desconstruir algumas opiniões problemáticas sobre o conhecimento científico, em especial a opinião empírico-indutivista. As considerações epistemológicas nesta desconstrução podem contribuir para uma opinião acerca do conhecimento científico mais alinhada com a moderna filosofia da ciência.

Referências bibliográficas

ARTHURY, L.H.M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em

Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905.

Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n1: p.32-47, 1996.

BACHELARD, G. The Philosophical Dialectic of the concepts of relativity. In P.A. Schilpp, ed. **Albert Einstein Philosopher-Scientist**. Evanston: Library of Living Philosophers, 1949.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Física**, 3. São Paulo: Saraiva, 2010.

BUCHWALD, E. Hundert Jahre Fizeauscher Mitfuhrungsversuch.

Naturwissenschaften, v. 28, n. 22, p. 519-524, 1951.

CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F.; LOPES, J. B.; GUERRA, C. Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso Ciência-Tecnologia-Sociedade. **Alexandria**, v.1, n.1, p. 27-49, 2008.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Brasília: Editora Brasiliense, 1993.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend.

Investigações em Ensino de Ciências, v.20, n. 1, p. 97-126, 2015.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a teoria da aprendizagem significativa crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.20, n. 3, p. 61-83, 2015b.

DAMASIO, F.; RICCI, T. F. **Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009.

DARRIGOL, O. The electrodynamic origins of relativity theory. **History Studies in the Physical and Biological Sciences**, v.26, p. 241-312, 1996.

EINSTEIN, A. **Äther und relativitätstheorie**. Berlin: Julius Springer, 1920.

EINSTEIN, A. **Notas Autobiográficas**. São Paulo: Nova Fronteira, 1982.

EL-HANI, C.N.; TAVARES, E.J.M.; ROCHA, P.L.B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita sobre história e filosofia das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.9, n.3, p. 265-313, 2004.

FEYERABEND, P.K. **Contra o método**. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

FEYERABEND, P.K. **Adeus à razão**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

FERNÁNDEZ, I.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

GALLEGOS, L.; BONILLA, M. Las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la transformación de la práctica docente. **Enseñanza de las Ciencias**, p.106-112, 2009.

HOLTON, G. Einstein, Michelson, and the ‘crucial’ experiment. **Isis**, v. 60, n. 2, p. 132-197, 1969.

JAFFE, B. **Men of Science in America**. New York: Simon & Schuster, 1944.

JANSSEN, M. **A comparison between Lorentz’s ether theory and special relativity in the light of the experiments of Trouton and Noble**. 1995. Tese (Doutorado) – Pittsburgh, University of Pittsburgh.

JIMENÉZ, V.M. Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 2, p. 343-358, 2003.

LIN, H.; CHEN, C. Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 9, p. 497-521, 2002.

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

MARTINS, R. A. A dinâmica relativística antes de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 11 - 26, 2005a.

MARTINS, R. A. Física e história. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 25-29, 2005b.

MARTINS, R. A. Espaço, tempo e éter na teoria da relatividade. Pp. 31-60, in: KNOBEL, Marcelo; SCHULZ, Peter A. (orgs.). **Einstein: muito além da relatividade**. São Paulo: Instituto Sangari, 2010.

MARTINS, R.A. O éter e a óptica dos corpos em movimento: a teoria de Fresnel e as tentativas de detecção do movimento da Terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley (1818-1880). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 52-80, 2012.

MASSONI, N.T. **Estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de física**. 2005. 275 f. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MASSONI, N.T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física**. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de história e epistemologia da física para futuros professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p.7-54, 2007.

MILIKAN, R.A. Albert Einstein on his seventieth birthday. **Reviews of Modern Physics**, 21, p. 343, 1949.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. História e epistemologia da física na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

PAIS, A. **Sutil é o senhor**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

PEDUZZI, L. O. Q. **A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2015.

POSTMAN, N. **Tecnopólio – a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

PUJALTE, A.P.; BONAN, L.; PORRO, S.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciênc. Educ.**, v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.

REICHENBACH, H. **From Copernicus to Einstein**. New York: Philosophy Library, 1942.

RENN, J. A física de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n.1, p. 27-36, 2005.

RODRIGUES, T. F.; PEREIRA, M. G.; TEIXERIA, E. S. Análise de conteúdos de relatividade nos livros de Física aprovados pelo PNLDEM (2009-2011): uma abordagem perspectiva histórica e filosófica. **Atas... VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. VIII ENPEC – Campinas, SP, 2011.**

RYDER, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. Undergraduate science students' images on science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 2, p. 201-219, 1999.

SANDOVAL, J.S.; CUDMANI, L.C.; MADOZZO, M.J. Las concepción epistemológicas de los docentes em la enseñanza de la ciencia fáctidas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 17, n.1, p. 55-61, 1995.

STACHEL, J. 1905 e tudo o mais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n.1, p. 5-9, 2005.

SHANKLAND, R. S. Conversations with Albert Einstein. **American Journal of Physics**, 31: p. 47-57, 1963.

SHANKLAND, R. S. The Michelson-Morley Experiment. **American Journal of Physics**, 32: p. 32, 1964.

SILVA, D.A. **Aspectos epistemológicos da física newtoniana na formação científica**. 2009. 196 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

SILVEIRA, F. Lang. da. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 197-218, 1996a.

SILVEIRA, F. Lang. da. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 219-230, 1996b.

SILVEIRA, F.L. DA; PEDUZZI, L.O.Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n.1: p. 26-52, 2006.

TEIXEIRA, E.S., EL-HANI, C., FREIRE JR., O. Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 111-125, 2001.

TEIXEIRA, E.S.; GRECA, I.M.; FREIRE JR., O. The history and philosophy in physics teaching: a research synthesis of didactic intervention. **Science & Education**, v. 21, n. 6, p. 771-796, 2009.

TSAI, C. C. Nested epistemologies: science teachers' beliefs of teaching, learning and science. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 8, p. 771-783, 2002.

WESTPHAL, M.. PINHEIRO, T. C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

WORRALL, J. How to remain (reasonably) optimistic: Scientific realism and the luminiferous ether. **PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association**, v. 1, p. 334-342, 1994.

Capítulo 9

**A FORMAÇÃO CONTINUADA
DE PROFESSORES PARA UM
ENSINO SUBVERSIVO
VISANDO UMA
APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA CRÍTICA POR
MEIO DA HISTÓRIA E
FILOSOFIA DA CIÊNCIA SOB
O VIÉS RELATIVISTA: UM
ESTUDO DE CASO**

9 A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES PARA UM ENSINO SUBVERSIVO VISANDO UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA POR MEIO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA SOB O VIÉS RELATIVISTA: UM ESTUDO DE CASO

9.1 INTRODUÇÃO

Segundo Neil Postman e Charles Weingartner (1978), a mudança constante e cada vez mais acelerada é a característica do mundo contemporâneo e o sistema educacional ainda não reconheceu isto. A escola e seu ensino foram pensados para uma sociedade que já não existe, onde transmitir verdades era algo útil e um fim adequado para a escolarização, o que os autores chamam de velha educação. Oriundo desse ensino ter-se-ia pessoas: passivas, aquiescentes, dogmáticas, intolerantes, autoritárias, inflexíveis e conservadoras. A nova educação proposta por Postman e Weingartner é aquela pensada para ajudar a formar pessoas preparadas para a mudança, como as que os cidadãos contemporâneos enfrentam diariamente. Já se passaram mais de quarenta anos desde as reflexões originais de Postman e Weingartner. No entanto, como destaca Moreira (2005), na atualidade apesar de, por vezes, os discursos de pesquisadores e educadores terem mudado, a escola continua a não fomentar o processo de “aprender a aprender”, que permitirá às pessoas encararem as mudanças de maneira profícua (MOREIRA, 2012). Logo, as críticas e reflexões de Postman e Weingartner são ainda atuais e úteis para uma educação que visa preparar as pessoas para conviverem na contemporaneidade.

Dentro do contexto do mundo atual, é necessário pensar em uma nova escola. Ela seria mais profícua se fosse subversiva ao subverter atitudes, crenças, pressupostos que fomentam a esterilidade – a atual pouco ou nada faz para encorajar jovens a inquirir, duvidar ou contestar qualquer setor da sociedade em que vivem. Para Marco Antonio Moreira (2005), no entanto, o ensino só será subversivo se levar a uma aprendizagem significativa crítica, pois na contemporaneidade a aprendizagem não deve ser só significativa, mas também subversiva. Este tipo de aprendizagem pode ser entendido como uma estratégia para a adaptação necessária na sociedade atual. O autor entende como aprendizagem significativa crítica a perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Por meio desta aprendizagem, o aluno pode fazer parte de seus costumes e, no entanto, não ser subjugado por seus ritos, mitos e ideologias. É mediante

essa aprendizagem que o aluno poderá lidar construtivamente com a mudança, sem se deixar ser dominado por ela, manejando a informação sem se sentir impotente perante sua grande disponibilidade e velocidade. Também ajudará a usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo.

A proposta da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica sugere onze princípios para fomentar um ambiente para este tipo de aprendizagem: 1) *Princípio do conhecimento prévio*, 2) *Princípio da interação social e do questionamento por meio do ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas*, 3) *Princípio da não centralidade do livro de texto*, 4) *Princípio do aprendiz como perceptor/representador*, 5) *Princípio do conhecimento como linguagem*, 6) *Princípio da consciência semântica*, 7) *Princípio da aprendizagem pelo erro*, 8) *Princípio da desaprendizagem*, 9) *Princípio da incerteza do conhecimento*, 10) *Princípio da não utilização do quadro-de-giz/da participação ativa do aluno/da diversidade de estratégias de ensino*, e 11) *Princípio do abandono da narrativa*. O autor, no entanto, registra que ela tem dois focos: a aprendizagem e o ensino. Ele assume que deixou de lado o currículo, o contexto e a avaliação. Moreira admite, no entanto, que sem um contexto e um currículo que favoreçam a implementação dos princípios da teoria e sem uma avaliação coerente com esses princípios sua proposta será pouco produtiva.

Em um estudo no qual Damasio e Pедуzzi (2015a) procuram uma possível otimização dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, os autores se valem de Postman (1994), que defende que cada professor deve ser também um professor de história. A sugestão dos autores é que cada matéria seja ensinada com seu desenvolvimento histórico. A ideia é de um ensino por meio de uma história comparada, para evitar construir um passado como crônica de acontecimentos indiscutíveis, o que reforçaria a tendência do tecnopólio de dar aos acontecimentos uma única direção. E ainda, que em relação ao empreendimento científico a proposta de Postman não é somente que a educação em ciência seja por meio da sua história, mas também de sua filosofia. Tal prescrição visa apresentar a ciência como um exercício da imaginação humana, que é algo bem diferente da tecnologia que dela decorre.

A questão não discutida por Postman é acerca de que, por certo, qualquer abordagem histórica da ciência tem uma orientação epistemológica e esta deve estar devidamente articulada com o referencial educacional, em uma situação de ensino. Nem sempre, a abordagem de História e Filosofia da Ciência pode ajudar a promover

um ambiente em que se possa construir a aprendizagem significativa crítica se certos cuidados não forem tomados. Para Damasio e Peduzzi (2015b), visões de ciência relativistas, como a de Paul Feyerabend, são coerentes com o objetivo de uma educação que visa formar pessoas inquisitivas, flexíveis, criativas, inovadoras, tolerantes e liberais, além de ser complementar, pois oferece um currículo para a implementação dos princípios da teoria no ensino *de* e *sobre* ciência por meio da história da ciência sob a perspectiva relativista.

Contudo, ainda não existem materiais instrucionais com tal abordagem. De modo a lidar com esta carência, com este problema, os autores produziram um texto em que abordam os julgamentos de Galileu com o viés relativista (DAMASIO e PEDUZZI, 2016a). Damasio e Peduzzi (2016b) também sugeriram uma formação de professores visando construir um ambiente de ensino subversivo para viabilizar uma aprendizagem significativa crítica, por meio de uma abordagem de história e filosofia da ciência sob o viés relativista.

O presente artigo relata os resultados de uma investigação realizada no segundo semestre letivo de 2016, que envolveu o acompanhamento de um grupo de professores em formação, planejado de acordo com o ensino subversivo de Postman e pautado nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. O estudo de caso, do tipo etnográfico, foi desenvolvido na disciplina Didática da Ciência e analisado de acordo com a Teoria Fundamentada (STRAUSS e COBIN, 2009). As questões foco do estudo são quais as opiniões sobre o conhecimento científico e o processo ensino-aprendizagem dos professores envolvidos, bem como de que forma essas opiniões impactam no planejamento de sua prática docente na educação básica?

9.2 PESQUISA QUALITATIVA

Apesar de a Física e a Química serem consideradas ciências exatas, a educação científica envolve diversos aspectos sociais. A sala de aula, em seus diferentes contextos, é um fenômeno sociológico complexo. Devido a esta multiplicidade, optou-se no estudo relatado neste artigo, por uma investigação qualitativa do tipo etnográfica. Para Bogdan e Biklen (1994), devem estar envolvidos na análise de dados na pesquisa qualitativa: organização, divisão em unidades manipuláveis, síntese, busca de padrões, identificação de aspectos importantes e decisão sobre o que vai ser publicado como resultado final da pesquisa.

Segundo Erickson (1986), a pesquisa qualitativa é interpretativa, pois almeja entender os significados que as pessoas dão, dentro de um contexto social, a suas ações e interações. O objetivo de uma pesquisa qualitativa é entender uma realidade social particular, não almejando princípios universais. Procura compreender como os indivíduos constroem o mundo a sua volta, o que eles fazem, o que lhes acontece e como se relacionam. Um aspecto importante da pesquisa qualitativa é que ela permite observar, participar, refletir e estudar a realidade social da formação de professores, que é alvo deste estudo. É, portanto, mais apropriada para os fins da presente pesquisa do que a que seria proporcionada por uma análise quantitativa. No processo não estatístico de interpretação, uma técnica muito utilizada é a teoria fundamentada. Segundo Strauss e Cobin (2009), a teoria fundamentada trata de dados sistematicamente reunidos e analisados por meio de processo de pesquisa. O pesquisador, mesmo tendo suas convicções teóricas, permite que achados surjam a partir da sua interpretação dos dados. De acordo com Strauss e Cobin, a descrição detalhada é fundamental neste processo.

Durante a década de 1920, sociólogos da Universidade de Chicago adaptaram os métodos da etnografia de campo dos antropólogos para o estudo de grupos sociais. A influência da “Escola de Chicago” chegou à pesquisa em educação (Massoni, 2010). A etnografia lida com os coletivos de pessoas, não indivíduos. Um estudo etnográfico começa com a observação meticulosa do comportamento de pessoas em comunidade; ela é feita *in loco*. A etnografia educativa, segundo Goetz e LeCompte (1988), tem como objetivo conduzir dados descritivos das atividades, concepções e contextos dentro de um cenário educativo. Conforme Massoni (2010), a etnografia é útil para estudar comportamentos sociais ainda não compreendidos, e tal opção tem se consolidado nas últimas décadas. O estudo de caso combinado com a etnografia é uma opção frequentemente utilizada. O estudo de caso se constitui em uma observação detalhada, de um contexto ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico. A técnica principal consiste em observar com participação e seu foco recai em uma organização particular (uma escola, por exemplo), e um local específico dentro da organização (sala de aula, por exemplo).

Em um estudo etnográfico, é possível formar um esquema teórico integrado. Todas as formas de pesquisa qualitativa compartilham o objetivo comum de entender o sujeito com base em seus pontos de vista, mesmo que o sujeito não tenha consciência de tais pontos de vista. Assim, o principal instrumento deste tipo de pesquisa é o próprio

investigador: imerso, integrado e participante no fenômeno de interesse. Utilizou-se como modelo o desenvolvimento da pesquisa realizada por Massoni (2010). A justificativa é que a pesquisa não tem como objetivo testar hipóteses, mas sim entender o comportamento, a prática e ações dos professores em formação dentro de um ambiente que procura fomentar um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica. Com base nos dados obtidos, a partir de registro de diários de campo, coleta de documentação, entrevistas e outros meios, coube ao pesquisador o processo de análise. Isto se dá por meio da interação entre pesquisador (com suas concepções teóricas prévias) e material de pesquisa.

No estudo relatado neste artigo optou-se pela etnografia de sala de aula no formato de estudo de caso de observação. O objetivo foi procurar entender como se comportam professores em formação, dentro de um cenário onde se procurou fomentar um ambiente para um ensino subversivo buscando uma aprendizagem significativa crítica. Para isso, e na perspectiva de uma abordagem *de* e *sobre* ciência, utilizou-se como aporte a epistemologia de Paul Feyerabend. A intenção foi a de mostrar a tais professores que é possível organizar um ensino com estas características, investindo em uma possível pré-disposição dos mesmos em levar este tipo de experiência as suas práticas docentes na educação básica.

9.3 O CONTEXTO E COTIDIANO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

O estudo ocorreu no segundo semestre de 2016 no Instituto Federal de Santa Catarina, campus Araranguá. O curso oferecido foi de formação continuada de professores em nível de Especialização em Educação Científica e Tecnológica. Os 16 alunos que participaram do mesmo, sendo 4 homens e 12 mulheres, tinham uma formação bastante diversificada: Pedagogia, Física, Química, Matemática e Biologia. O total de aulas observadas foi de 32 aulas-hora, sendo cada hora-aula de 50 minutos. Por questões éticas, não se divulgará em nenhum momento nomes, fotos ou mesmo gravações de áudio ou vídeo.

Os dados analisados envolveram as perguntas iniciais levantadas pelo professor aos alunos para procurar identificar as concepções prévias deles, os diários de campo do pesquisador, intervenções, trabalhos e produções dos professores em formação, além de entrevistas individuais e um grupo focal ao final da disciplina. O estudo de caso

acompanhado foi realizado no ambiente chamado de “Laboratório de Práticas para o Ensino de Ciência” – um espaço pensado para ter a finalidade de subsidiar professores em formação a desenvolver metodologias de ensino de ciências. Ele consiste em uma sala com três mesas grandes para até 12 alunos cada, o que permite a interação entre os estudantes. Além de contar com quadro para pincel, equipamento de mídia completo, armários com equipamentos diversos e painéis luminosos com temas de Astronomia. O planejamento do curso seguiu a metodologia da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) proposta por Damasio e Peduzzi (2016b). As UEPS são planejamentos didáticos orientados pelos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica sugeridas por Moreira (2011), que nesta proposta usa texto de história e filosofia da ciência sob o aporte epistemológico de Feyerabend.

A observação participante iniciou em 09 de agosto de 2016, junto com a disciplina de Didática das Ciências que, segundo o projeto do curso, pretende construir a competência de ‘Conhecer e compreender teorias, métodos, técnicas e seleção de conteúdos para aplicação no ensino das ciências’. As aulas ocorriam sempre às terças-feiras, no período de 18h50 e 22h30. Devido à característica do curso, de ser uma especialização, os professores em formação continuada eram oriundos de uma diversidade de cidades da região, de cidades distantes até 100 km do campus do IFSC. Por este motivo, as aulas não iniciavam no horário, tampouco terminavam no horário. Boa parte dos alunos só chegava por volta das 19h10, e saía às 22h devido às questões ligadas ao horário do transporte que utilizavam.

O primeiro encontro de quatro horas-aula iniciou com o professor questionando sobre qual era o papel do professor nas escolas, para ter informações sobre as concepções prévias deles à respeito. A reação dos alunos, em boa parte, foi no sentido de afirmar que o papel do professor era transmitir conhecimento, de ensinar conteúdo aos alunos. Poucos, em sua maioria alunos egressos do curso de Licenciatura em Física do próprio IFSC, responderam alinhando-se à concepção de um professor que tem como papel “educar os estudantes” para que o conhecimento seja construído.

Após os alunos se manifestarem, o professor exibiu um vídeo (disponível em <https://youtu.be/NsOJunfnYPI>) sobre como a sociedade contemporânea é marcada por mudanças rápidas e drásticas. Após isto, procurou discutir se as concepções que a maior parte dos alunos manifestou de professor transferidor de conhecimento era adequada para o mundo contemporâneo. Quase todos os alunos se manifestaram

verbalmente, grande parte refletindo sobre sua própria concepção demonstrada anteriormente; acreditando que a visão de professor como tendo papel de ensinar apenas conteúdos pode estar superada na sociedade contemporânea, da forma como ela está constituída.

Após todos os alunos se manifestarem, o professor iniciou a discussão sobre os conceitos fora de foco apresentados por Postman e Weingartner (1978). A cada conceito, pedia para os alunos que refletissem se a escola atual reforça ou se afasta dele e se eles são úteis, inúteis ou nefastos à formação de um cidadão contemporâneo.

A maior parte das manifestações orais foi no sentido de afirmar que os conceitos fora de foco estão sendo reforçados na escola atual e que isto é nefasto para a formação de um cidadão que vive na sociedade contemporânea. Antes do intervalo, o professor ainda fez uma provocação: se a escola continuar assim, não seria melhor fechá-la?

Após o intervalo o professor distribuiu um texto instrucional onde se aborda a possibilidade de um ensino subversivo para uma aprendizagem crítica por meio de discussões de episódios históricos sob o viés relativista (DAMASIO e PEDUZZI, 2017). Como atividade, o professor pediu para os alunos construírem uma tabela com duas colunas, onde na primeira elencassem pontos que concordavam com o artigo e na outra argumentos dos quais discordavam. O professor pediu para tal produção ser entregue no início do próximo encontro. Durante a leitura do artigo, os alunos fizeram algumas consultas ao professor.

A segunda aula ocorreu no dia 16/08. No início, o professor recolheu a atividade de leitura sugerida na aula anterior. As concepções prévias dos alunos indicavam que grande parte deles não tinha familiaridade nem com o ensino subversivo de Postman e com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, tampouco com a epistemologia de Paul Feyerabend, demonstrando muitas vezes visões alinhadas ao racionalismo ou mesmo ao empírico-indutivismo. De acordo com a produção dos alunos, então, o professor percebeu que os alunos que não haviam se graduado no IFSC não tinham familiaridade com a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Desta forma dedicou grande parte do encontro para discutir os conceitos de aprendizagem mecânica, aprendizagem significativa e suas condições para ocorrer. Ao final, o professor questionou sobre a inadequação de usar provas de assinalar dentro da perspectiva da aprendizagem significativa. Um dos alunos, que é professor da rede pública, manifestou-se falando que “a gente até entende isto, mas temos que concordar que é muito mais prático fazer provas deste tipo”. Os colegas,

a partir desta manifestação, procuraram contextualizar a questão concordando ou não.

Ao final do segundo encontro, o professor levantou a questão do ensino subversivo. A apresentação foi como de uma alternativa viável para uma educação que prepare os alunos para saber lidar com uma sociedade marcada por mudanças rápidas e drásticas. No fim, uma aluna questionou sobre como levar tal ensino para uma escola; o professor já esperava por tal questionamento, e aproveitou o ensejo para apresentar a aprendizagem significativa crítica. Além da atividade de leitura do artigo de Moreira (2012), o professor pediu para os alunos encontrarem um dos onze princípios que enxergassem como inviável em sala de aula e justificassem sua opinião.

O terceiro encontro foi no dia 23/08. No início, o professor recolheu as atividades de leitura para procurar identificar as concepções prévias dos estudantes. As que mais se destacaram foram que os alunos tendem a discordar de um ensino não dissertativo como prega a teoria, ainda apresentaram pouca disposição em concordar que o conhecimento é incerto. Após isto, o professor procurou fazer uma reconciliação integrativa das discussões anteriores. Começou sobre as características de mudanças rápidas e drásticas e da grande diversidade de fontes de informação que marcam a sociedade contemporânea. Ainda, como a escola parece não entender este contexto reforçando os conceitos fora de foco e como isto pode tornar sua existência inútil, além de quais as mudanças necessárias para uma escolarização no contexto atual. Como a turma era constituída por professores atuantes, eles traziam sua experiência pessoal para as discussões, o que enriquecia a discussão. Por exemplo, um aluno relatou que “o coordenador pedagógico da minha escola exige que os professores se limitem ao conteúdo dos livros e façam provas de assinalar”, o que claramente ia contra as discussões levantadas no curso.

O professor utilizava as falas dos alunos para reforçar a necessidade de mudança nas escolas a partir dos professores, que um ensino subversivo iniciava com um professor consciente de qual tipo de educação acha mais adequada. A partir disto, houve o início do debate sobre os princípios da aprendizagem significativa crítica; e o professor desafiou os alunos a planejarem uma aula de suas disciplinas com atividades que se baseassem em tais princípios. Para tanto, distribuiu um texto em que as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são apresentadas (MOREIRA, 2011) e solicitou aos alunos que fizessem a leitura do artigo para a próxima aula, na qual iriam planejar a sua aula a partir dos onze princípios dentro de uma UEPS.

Para iniciar a quarta semana de aula, em 30/08, o professor fez uma reconciliação integrativa das aulas anteriores. Antes de qualquer atividade, o professor pediu aos alunos que falassem sobre suas impressões acerca do texto sobre UEPS. Uma aluna disse: “é tipo planejamento, né?! Só que bem mais fácil e direto”. Neste momento, o professor esclareceu que as UEPS são planejamentos de aula para satisfazer a uma das condições que Ausubel preconiza para que haja aprendizagem significativa; que o material seja potencialmente significativo. Além disto, Moreira ainda faz recomendações para que as UEPS contemplem os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

Após a discussão sobre as unidades de ensino potencialmente significativas, o professor propôs uma atividade aos alunos como avaliação somativa individual. Eles teriam que escolher um tema livremente e planejar uma UEPS acerca dele. Ainda, o professor solicitou que os alunos tivessem claro em sua proposta como os princípios da aprendizagem significativa crítica seriam levados em consideração na unidade. As UEPS iniciariam em sala de aula, no restante do encontro, para que o professor pudesse auxiliar na construção dos alunos. Na aula seguinte, as unidades seriam recolhidas e um aluno sorteado para apresentar no grande grupo seu planejamento, ressaltando onde estavam contemplados os onze princípios para criar um ambiente onde a aprendizagem significativa crítica possa ser construída.

Após o intervalo, o professor destinou as duas aulas seguintes para que os alunos pudessem iniciar a construção de suas unidades, tanto interagindo entre si, como com o professor. Apenas três alunos consultaram o professor para tirar dúvidas, os outros interagiram entre si e alguns pareciam estar planejando construir suas UEPS em casa, pois não se dedicaram à atividade em sala de aula. Próximo do final da aula, o professor realizou a chamada e encerrou o encontro.

O início do encontro do dia 06/09 foi com o recolhimento das UEPS construídas pelos alunos, sendo que alguns deles enviaram por email anteriormente ao professor. Após isto, foi sorteado um aluno para apresentar ao grande grupo a sua unidade. O tema escolhido pelo apresentador foi formas de calor. Antes de iniciar a sua exposição, o professor chamou a atenção para as etapas sugeridas para a construção de UEPS. O primeiro passo é escolher um tema específico. Desta forma o professor perguntou ao grupo se eles achavam que o apresentador tinha cumprido tal requisito; os alunos responderam afirmativamente e o professor concordou.

No decorrer da apresentação do aluno, o professor teceu elogios à diversidade de materiais instrucionais e de estratégias de ensino planejadas pelo aluno. Além disto, ressaltou que as dinâmicas sugeridas facilitavam a interação social e permitiam que os alunos falassem. No entanto, mostrou apreensão ao não identificar nas ações do aluno uma preocupação em levantar as concepções prévias e ensinar de acordo. Os alunos que se manifestaram concordaram com o ponto levantado pelo professor. O professor, então, ressaltou que em um ambiente subversivo todo professor é um professor da história de sua disciplina, e na educação científica, também de sua filosofia. E que, no entanto, este aspecto não apareceu na proposta do aluno, e ao questionar os demais, nenhum deles respondeu que levou estes aspectos em consideração, talvez por falta de conhecimento deles para tal.

O professor, após a apresentação do aluno, o questionou: “você mudariam sua unidade depois das discussões de hoje?” O estudante afirmou que faria várias mudanças, e que não tinha ficado feliz com o resultado. O professor então falou que “errar” faz parte do processo de aprender, que todos nós aprendemos corrigindo erros. Então ele questionou aos demais: “alguém mais mudaria sua UEPS?” Todos os alunos afirmaram que fariam mudanças profundas em suas produções. E, ao encerrar, o professor sugeriu para que os alunos colocassem que corrigir os erros é fundamental em seus planejamentos.

Após a apresentação, o professor distribuiu um artigo (Damasio e Peduzzi, 2015a) para os alunos. Foi colocado aos mesmos que a partir daquele momento seriam abordados aspectos de história e epistemologia da ciência, que para Postman, são fundamentais para criar um ambiente subversivo.

Como atividade, foi solicitado aos estudantes que respondessem às seguintes questões (mesmo que fossem gerais e difíceis de responder) e enviassem ao professor por email para que este tivesse conhecimento de suas concepções prévias: (i) o que é ciência?; (ii) como se faz ciência?; (iii) o conhecimento científico é mais confiável que outros? e; (iv) ciência é racional e objetiva?.

Antes do encontro do dia 13/09, o professor recebeu por email as respostas dos alunos às questões propostas. Nelas, pode-se perceber que dentre as concepções prévias dos alunos ainda persistiam visões empírico-indutivista e racionalistas de ciência, que seria preciso tentar desconstruí-las. Para isto, o professor iniciou com a discussão das questões levantadas no fim da aula anterior. Iniciou com a definição de racionalismo e relativismo, a partir do artigo sugerido para leitura. Após ter a construção de um quadro das possíveis respostas para as questões

de acordo com o racionalismo e relativismo, o professor também questionou qual das duas visões é a correta. Mais uma vez os alunos também se manifestaram, afirmando que nenhuma das duas podia ser considerada correta, pois eram visões diferentes.

Após esta discussão o professor perguntou se ambas as visões poderiam contribuir para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica. Os alunos hesitaram um pouco em responder. No entanto, o primeiro aluno que se manifestou disse que acreditava que a visão relativista era a mais adequada. O professor perguntou se os outros concordavam, e os demais disseram que sim. Esta era a resposta que o professor esperava, porque a partir dela ele introduziu a proposta do texto que narra os julgamentos de Galileu sob um viés relativista (DAMASIO e PEDUZZI, 2016a) e fez perguntas para levantar as concepções prévias dos estudantes a respeito: (i) O que levou Galileu a ser julgado no século XVII? e; (ii) Galileu foi injustiçado pela Igreja? A aula foi encerrada com a solicitação que os alunos procurassem refletir sobre as questões e entregassem as respostas por escrito na próxima aula.

Na aula do dia 20/09, o professor iniciou resgatando as respostas às questões levantadas no fim da aula anterior. Segundo o relato dos alunos, Galileu foi julgado por afirmar que a Terra gira em torno do Sol e que sua condenação foi uma injustiça, e que eles acreditavam nesta versão, pois era a única que eles conheciam. Uma aluna trouxe um vídeo que encontrou na *internet* de 30 minutos e o professor concordou em exibir aos colegas. Ao final, antes do intervalo, o professor questionou se existia outra versão para este episódio, se havia mais de uma maneira de narrar ou de interpretar?

Ao voltar do intervalo o professor argumentou que a toda narrativa histórica subjaz uma filosofia da ciência, e os julgamentos de Galileu não constituem exceção. Que a versão apresentada pelos alunos, e reforçada pelo vídeo exibido, se alinhava a uma visão racionalista dos episódios, sendo assim, não são úteis para um ensino subversivo, mesmo que se tenha que ressaltar que não somente matérias polêmicas podem levar a um ensino subversivo.

O professor então trouxe à discussão a versão relativista dos episódios encontrada no texto disponibilizado na aula anterior. A recepção dos alunos foi de surpresa, mas a todo momento o professor ressaltava que era só mais uma versão, que não se pretendia mostrar uma história verdadeira, no sentido de inquestionável.

Após o debate, o professor desafiou os alunos a construírem uma UEPS que utilizasse como parte da diversidade de materiais

instrucionais o caso dos julgamentos de Galileu sob o viés relativista. Ainda solicitou que, até o fim da aula, os alunos escrevessem no quadro o primeiro passo da construção de sua UEPS; definir o tópico específico a ser abordado. Dentre os temas escolhidos estavam: elipses, fases da Lua, marés, esferas, odor e sabor, definição de vida, planetas e modelos atômicos. A diversidade de temas é devido à formação variada dos alunos. O professor encerrou a aula falando que um aluno seria sorteado para apresentar sua UEPS no início da próxima aula, a exemplo da primeira atividade.

O encontro do dia 27/09 foi o último presencial entre o professor e alunos. No início foi feita a reconciliação integrativa de todo o curso até chegar à apresentação da UEPS final dos alunos. Para socializar, o professor sorteou um dos alunos para apresentar no grande grupo sua produção. O estudante sorteado era licenciado em Biologia e abordou o tema específico de sabor e odor. Durante toda a apresentação o professor enfatizou pontos que o aluno claramente se alinhava com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, como; a interação social e o ensino de perguntas, a incerteza do conhecimento, a diversidade de materiais instrucionais e de estratégias de ensino, conhecimento como linguagem, a consciência semântica, a utilidade do erro, mas principalmente, a preocupação de ensinar de acordo com o que os alunos já sabem procurando identificar as concepções prévias.

Após a apresentação do aluno, o professor informou que depois do intervalo seria realizado o grupo focal. Antes de iniciar a atividade, o professor explicou como é constituída esta dinâmica, quais seus objetivos. Ainda, que seria gravada em áudio para posterior análise pelo professor. O grupo focal durou cerca de uma hora, sua descrição e análise serão feitas em seção posterior.

9.4 ANÁLISES

A partir de agora serão sistematizados alguns aspectos encontrados no estudo de caso, sem, no entanto, procurar generalizações. Toda a análise se limita ao ambiente descrito, todas as possíveis conclusões estão dentro deste contorno. A descrição do cotidiano nas salas de aula, a tentativa de interpretação dos envolvidos, das falas dos alunos, dos discursos, das entrevistas e do grupo focal são apenas um recorte muito particular.

O fenômeno de interesse era a reação do professor em formação quando inseridos dentro da proposta já descrita. Não havia hipótese a ser

testada, por isto a descrição detalhada de todos os dados levantados é fundamental para chegar a alguns achados. Os principais impactos investigados são, se quando inseridos dentro deste tipo de ambiente na formação continuada, os docentes demonstram inclinação para mudar a maneira como irão lecionar na educação básica.

9.4.1 Análise do cotidiano da sala de aula

De acordo com a Teoria Fundamentada, a partir de um estudo etnográfico e da descrição exaustiva dos dados pode-se obter um ordenamento conceitual. Para procurar identificar fenômenos de interesse na formação inicial de professores dentro do contexto apresentado, foram organizados os dados produzidos dentro do cotidiano em sala de aula. A organização conceitual das atividades na formação dos professores é apresentada no Quadro 1, organizada de acordo com a sequência sugerida por Strauss e Cordin (2009): Fez o que? Como? Por que? O Quadro 1 descreve as ações centrais do professor.

Quadro 1 - Formatação do texto.

Aula	Estudo de caso
1-2	Organizador prévio: qual o papel do professor na sociedade contemporânea?
3-4	Apresentação e discussão dos conceitos fora de foco propostos por Postman.
5-6	Apresentação e discussão dos fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, além das condições necessárias para ela ocorrer.
7-8	Apresentação e discussão do ensino subversivo proposto por Neil Postman.
9-10	Apresentação e discussão dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.
11-12	Apresentação e discussão dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (continuação).
13-14	Apresentação e discussão Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).
15-16	Realização da avaliação somativa individual por meio da construção de UEPS com tema de livre escolha.
17-18	Apresentação de uma UEPS de aluno e discussão no grande grupo sobre as produções dos alunos
19-20	Início das discussões sobre epistemologia da ciência.
21-22	Continuidade das discussões sobre epistemologia da ciência e como ela se articula com um ensino subversivo para uma aprendizagem

	significativa crítica.
23-24	Início da discussão do caso Galileu.
25-26	Continuidade da discussão do caso Galileu.
27-28	Início da construção da segunda UEPS.
29-30	Apresentação da UEPS de um aluno no grande grupo.
31-32	Realização do grupo focal

O exame do Quadro 1 pode revelar que o professor se orientou pelos princípios da Teoria da Aprendizagem Crítica. É possível notar a diversidade de material instrucional e de estratégias de ensino que pautou os encontros, o incentivo a fala dos alunos, o uso e estímulos às perguntas e não as respostas, facilitação de um ambiente aonde os alunos podem interagir, o respeito ao entendimento individual de cada aluno de acordo com seus conhecimentos prévios, a clareza de que é necessário superar os erros e desaprender alguns sistemas conceituais para uma aprendizagem significativa crítica, mas principalmente, todas as aulas foram permeadas pela noção de que todo conhecimento é incerto e provisório.

O professor tinha a expectativa de que, criando um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica, iria impactar significativamente na formação dos professores. Há fortes indícios que o objetivo do professor formador de levar aos professores em formação um ambiente subversivo pautado pelos princípios da aprendizagem significativa crítica tenha sido alcançado. No entanto, o impacto nos professores em formação, não pode ter indicativos apenas com base na observação das aulas e dos materiais produzidos pelos alunos; as entrevistas e o grupo focal são igualmente fundamentais nesta análise.

9.4.2 Análise do grupo focal

Segundo Gomes e Barbosa (1999), grupo focal é uma discussão informal e de tamanho reduzido para conseguir informações de caráter qualitativo e em profundidade. Esta dinâmica fornece uma variedade de informações sobre o desempenho das atividades desenvolvidas e opiniões dos participantes. O objetivo principal é evidenciar a posição dos participantes do grupo sobre os tópicos de discussão. A recomendação dos autores é que o grupo deva ter entre seus membros alguma característica em comum. O moderador do grupo levanta assuntos previamente elencados e organizados em um roteiro. Ele incentiva a participação de todos, evitando que um ou outro tenha o

domínio sobre as posições dos demais. O moderador não deve fazer julgamentos e sim encorajar os participantes fazendo as perguntas.

Antes de iniciar o grupo focal, o professor, que fez papel de moderador, apresentou o episódio 4 da série *Poeira das Estrelas*, em que o apresentador aborda a vida e obra de Isaac Newton. O grupo focal foi gravado em áudio e transcrito para análise. A partir do vídeo, o professor levantou as questões em três eixos:

Eixo epistemológico: 1) A versão apresentada no documentário é confiável? 2) Em sua opinião existe alguma versão confiável de história da ciência, no sentido de ser a única em que se possa confiar?

Eixo educacional: 1) Em sua opinião, qual a função do professor na sociedade contemporânea; 2) Em sua opinião, a história e filosofia da ciência são úteis para um professor na sociedade atual?

Eixo metodológico: 1) Os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica são úteis para um professor na sociedade contemporânea? 2) Eles são aplicáveis em sala de aula? 3) Quais os principais empecilhos para criar um ambiente subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica?

A dinâmica ocorreu no dia 27/09, envolveu 15 estudantes e se prolongou por cerca de uma hora. Para preservar a identidade dos participantes do grupo focal, a citação não será feita por seus nomes, sendo os estudantes chamados de aluno 1 até aluno 15. O moderador, após a exibição do vídeo, iniciou o grupo focal. Ele enfatizou que as respostas não seriam avaliadas no estilo certo ou errado, que os alunos poderiam ficar à vontade para se manifestar livremente e, ainda, incentivou que os estudantes comentassem as respostas dos colegas. Então, levantou a primeira questão. Vários alunos criticaram a versão do vídeo ao enfatizar a genialidade de Newton, disseram que ele não teria feito o trabalho sozinho e que ainda teria comprovado as suas ideias. A aluna 2, formada em Matemática, falou que, diferente da versão apresentada, “Newton não construiu sozinho o Cálculo Diferencial e Integral, este desenvolvimento contou com contribuições de muitos outros, como Leibniz”, mesmo que Newton e Leibniz nunca tenham colaborado entre si para o desenvolvimento de uma nova matemática. A aluna 1 disse “ainda assim o vídeo é útil para desconstruir algumas “verdades” reforçadas pelo senso comum”. A aluna 5 ainda enfatizou que o vídeo dá a ideia de que existe um método científico universal, e se tem, assim, ótima oportunidade para trazer e desconstruir esta ideia na educação básica. Quando se compara estas manifestações com as

concepções prévias dos alunos identificadas no cotidiano do curso, pode-se perceber um amadurecimento das visões sobre o conhecimento científico, afastando-se da concepção empírico-indutivista e racionalista.

Em seguida o professor levantou a segunda questão. Vários alunos responderam que não acreditam que exista alguma versão confiável, no sentido de ser a única a ser acreditada, de história da ciência. O aluno 7 falou que “existem várias versões, cada uma com seu ponto de vista, depende de quem está interpretando e o contexto que está inserido”. Vários outros alunos se manifestaram concordando com a colocação do aluno 7.

O moderador, então, levantou a próxima questão. Vários alunos manifestaram que o principal papel do professor é o de moderador para desmistificar a ciência como verdade absoluta, e a própria crença que existe uma verdade absoluta. A aluna 3 disse que “não se pode entender o professor hoje como detentor do saber”. O papel de professor como orientador de aprendizagem também foi enfatizado por outros alunos, que também lembraram que fontes de informações estão disponibilizadas em diversos modos e fontes. O aluno 10 falou que tinha convicção que o seu papel como professor era o de gerador de dúvida, e não de certezas. Ato contínuo, o mediador levantou a questão da importância da história de uma matéria, de acordo com o perfil de professor traçado pelos alunos como o útil na sociedade atual. O aluno 7 colocou que “com a história de uma disciplina é possível vislumbrar a construção da linguagem de uma matéria, como ela foi feita por seres humanos, e portanto, que é falha”. Outros alunos concordaram com a manifestação, e a aluna 2 ainda colocou que nenhum conhecimento, nesta perspectiva, pode ser considerado como inútil, todos contribuíram para a construção da ciência como ela existe hoje.

Mais uma vez, pode-se notar uma diferença grande entre as respostas oriundas do grupo focal e as concepções prévias manifestadas pelos estudantes, o que indica um amadurecimento de tais opiniões a partir de um ensino subversivo. Posteriormente, o moderador colocou a questão sobre que tipo de história da ciência é útil para o professor que desconstrói certezas. Os alunos ficaram um pouco confusos sobre o que o moderador estava questionando. Então, o professor usou o exemplo do vídeo inicial da série *Poeira das Estrelas* e perguntou se aquele tipo de versão é útil para o perfil do professor que eles traçaram. Os alunos manifestaram que estas versões podem ser úteis para abrir uma série de debates a cerca das crenças do senso comum.

Depois, o professor mudou o eixo do grupo focal perguntando sobre a utilidade dos princípios da Teoria da Aprendizagem

Significativa Crítica em sala de aula. A aluna 1 colocou que “são úteis mas existem vários entraves para que sejam utilizados no cotidiano da docência, como a dificuldade de preparar aulas nesse contexto”. A aluna 14 concordou com a colega, que o principal empecilho é a falta de tempo para planejar aulas subversivas; outros alunos também consentiram. A aluna 1 ainda ressaltou que “também encontro dificuldade em despertar a pré-disposição em aprender nos alunos”. O aluno 5 levantou que a desvalorização salarial, e a falta de recursos, impedem muitas vezes de criar um ambiente subversivo.

E por último, a questão levantada pelo moderador foi sobre as dificuldades de se criar um ambiente subversivo na escola atual. A aluna 3 ressaltou que “além das já apontadas, tenho muita dificuldade em despertar a pré-disposição em aprender”, que enxerga que isto seja a grande dificuldade. A aluna 2 ainda argumentou que “a obrigatoriedade de se cumprir as ementas das matérias impede que se efetive um ambiente subversivo”, “a gente acaba dando um monte de conteúdo superficialmente por pressão da escola e da sociedade”, ainda que existe uma grande quantidade de fatores que não deixam os professores mudarem, mesmo que estejam convencidos que haja necessidade disto.

9.4.3 Análise das entrevistas individuais

De acordo com Bodgan e Biklen (1994), entrevistas podem ser utilizadas em conjunto com outras fontes de dados. Sua utilidade é a de recolher informações na linguagem do próprio indivíduo, possibilitando o pesquisador inferir uma ideia de como o sujeito interpreta aspectos relevantes para a pesquisa.

Entrevistas podem ser úteis, especialmente no final do estudo, procurando informações específicas. O objetivo das entrevistas nesta pesquisa foi o de complementar as informações do estudo etnográfico. A opção foi pela entrevista semiestruturada, formada por questões abertas, flexíveis que oportunizam o entrevistado manifestar seus pensamentos, tendências e reflexões sobre as questões levantadas. Segundo Hill e Hill (2009), para elaborar boas perguntas em uma investigação empírica deve-se respeitar alguns aspectos, entre eles: (i) listar todas as variáveis da investigação; (ii) especificar o número de perguntas para cada variável: normalmente utiliza-se uma pergunta para cada variável, mas não necessariamente; (iii) escrever uma versão inicial para cada pergunta; (iv) identificar as diferenças entre grupos ou entre variáveis e; (v) decidir que tipo de resposta se espera para cada pergunta.

Em relação à formulação das perguntas, Hill e Hill (2009), sugerem que se tenha claro que tipo de informação se está solicitando: números, opinião, preferências, etc. Falhas comuns ao formular questões são quando solicitam informações sensíveis que o respondente não está interessado em fornecer, ou ainda, que o obriguem a gastar muito tempo. O entrevistador, também, deve pensar bem se deseja informação do tipo geral ou específica. Não é possível fazer inferências corretas sobre atitudes, opiniões, satisfação, gostos específicos a partir de respostas dadas a perguntas gerais.

Há possibilidade de fazer dois tipos de perguntas: abertas e fechadas. Deve-se evitar que uma pergunta seja composta por duas ou mais questões, pois podem gerar respostas ambíguas. Por fim, Hill e Hill lembram que ao escrever perguntas, sua clareza é inversamente proporcional ao seu tamanho. Quanto mais sofisticada a linguagem menos clara é a pergunta.

A opção nas entrevistas deste estudo de caso foi por questões abertas, diretas e o mais claras possível, pautadas nas demais recomendações de Hill e Hill (op. cit.). As entrevistas foram feitas pessoalmente quando possível, ou por meio de aplicativo de celular quando os alunos não podiam se deslocar até Araranguá em horário fora da grade de aulas. Elas foram realizadas após o término da observação-participação do cotidiano da formação de professores. O núcleo comum de perguntas, que podiam variar de entrevistado para entrevistado, em função dos esclarecimentos adicionais específicos a cada um, e a análise das respostas, estão nos Quadros 2 a 4.

Os aspectos que foram considerados mais importantes nas falas dos alunos, apresentados em sínteses nos quadros, têm como intenção entender, na perspectiva dos próprios professores em formação, como eles percebiam as questões colocadas nas perguntas. Ou seja, foram entendidas como dados nas entrevistas as reflexões, percepções e opiniões pessoais que permitiam inferir as concepções dos alunos sobre os temas levantados.

Para proceder à análise, o pesquisador pode, de acordo com Hill e Hill (2009), optar por fazer, ou não, análise estatística. O importante é que ele tenha uma amostra de casos bem escolhida, boas perguntas com respostas reflexivas. A opção foi fazer análise não estatística. Produziu-se um quadro onde se resumiu as principais opiniões de cada aluno para cada variável e, por fim, se fez uma análise cruzada para as respostas. Os quadros sintéticos que seguem são oriundos desta análise de dados. As entrevistas esclarecem alguns pontos que haviam sido pouco, ou em nada, levantados durante o grupo focal. Elas procuraram complementar

aquelas informações, como, por exemplo, a intenção ou não de uso das UEPS construídas, ou ainda, como vislumbravam construir novas fora do curso. Também levantar a opinião individual sobre a necessidade, ou não, de um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica.

Durante a realização das entrevistas, muitas das perguntas se desdobraram e levantaram questões não previstas. A busca foi pela compreensão da perspectiva pelo próprio sujeito das questões discutidas e das atividades realizadas durante o curso. Procurou-se revelar as concepções individuais, suas práticas atuais e futuras, além de sua relação com o contexto sociocultural em que está inserido.

As perguntas foram planejadas dentro de quatro variáveis de investigação: (i) necessidade de se repensar o ensino tradicional na sociedade contemporânea; (ii) a opinião acerca da aprendizagem significativa crítica; (iii) a impressão acerca da utilidade das UEPS e; (iv) sobre sua utilização.

Quadro 2 – Questões relativas a primeira variável

Questões	1- Qual sua opinião antes e depois do curso acerca da necessidade da escola atual, com seu ensino tradicional, para a formação necessária para um cidadão contemporâneo? 2- Qual sua opinião acerca da necessidade de se repensar o ensino nas escolas inseridas dentro da sociedade contemporânea?
Análise das respostas	Em relação à primeira variável, os alunos em sua totalidade se manifestaram com uma opinião favorável à mudança do ensino tradicional, entendido por eles como o modelo em que o professor possui um conhecimento a ser repassado aos alunos, que aprendem o que o professor ensina. Este dado se mostra muito interessante, quando se tem em mente as concepções prévias dos estudantes, muito alinhado ao que Paulo Freire (2011) chamou de ensino bancário. Percebe-se uma clara tendência dos alunos terem uma postura diferente, mais próxima de um ensino subversivo. Outro dado que chamou a atenção foi que os alunos foram críticos em relação à sua formação inicial, pois vários citaram que é preciso repensar os cursos de licenciaturas para trazer algumas questões de como repensar a educação tradicional.

Sellanes (2015) destaca que Postman e Weingartner apontaram a necessidade de mudanças na prática educacional nos anos 1970. Ainda, como Scheiner (2012) ressalta, mesmo que já tenham se passado mais

de 40 anos das críticas de Postman e Weingartner acerca da escola tradicional, a temática em nossa sociedade atual é ainda relevante nos debates acadêmicos e educacionais. De acordo com a autora, mesmo que os professores tenham superado a visão bancária, eles ainda estão inseridos dentro de uma estrutura conservadora e reticente a práticas menos mecanicistas de ensinar-aprender. Segundo Barbosa et al. (2012), livros como os de Postman trazem questões que se mostram relevantes para promover uma reflexão daqueles que querem promover ações transformadoras, ajudando a enxergar o cenário em que vivemos. A síntese da análise das respostas à primeira variável (Quadro 2) se alinha a estas reflexões.

De acordo com os professores em formação, a escola atual não é muito diferente daquela criticada por Postman e Weingartner. A estrutura que os respondentes reconhecem na escola atual é uma que tem aversão a práticas docentes que não sejam dissertativas e mecanizadas. E a posição manifestada por eles é que tal estrutura precisa ser modificada para ajudar a formar cidadãos capazes de não serem subjugados pela sociedade contemporânea. Ainda, ao reconhecer que sua formação falhou neste sentido, parecem ter uma postura crítica em relação a sua própria formação e prática docente, ou seja, estando inseridos dentro de uma cultura, mas sendo analíticos em relação a ela. Exatamente um indicativo de uma aprendizagem significativa crítica, segundo a definição de Moreira (2005).

Quadro 3 – Questão relativa a segunda variável

Questões	3- A aprendizagem significativa crítica dentro da sociedade contemporânea é entendida como necessária por você?
Análise das respostas	Em relação à variável do ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica ser uma alternativa para a mudança que eles enxergam como necessária para a educação, os alunos se manifestaram com opiniões diferentes. Alguns deles classificaram como muito necessária, outros se colocaram como sendo apenas favoráveis a este tipo de abordagem. Houve, no entanto, alunos que, apesar de entenderem como proveitosa a alternativa veem ela como devendo ser utilizada junto com outras metodologias de ensino. Chamou a atenção, também, manifestações que se colocavam a favor dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, no entanto, ressaltavam que é necessário que se teste sua pertinência em sala de aula.

Conforme Vieira (2012), a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica surgiu como um importante aporte para proporcionar um aluno mais autônomo, permitindo se estabelecer no mundo em que vive. A sua sugestão foi para que os cidadãos em formação possam viver na sociedade atual, fazendo parte dela, mas sendo crítico em relação ao que aprendem. Segundo a autora, este tipo de aprendizagem é fundamental na sociedade contemporânea frente à grande disponibilidade de fontes de informação e a necessidade que surge de “filtrar” as informações e identificar o que é importante para o sujeito que aprende. Ainda, ressalta que um ensino como o bancário se mostra ineficiente para uma educação que leve o aluno a pensar.

A análise das respostas dos alunos (Quadro 3) mostra que suas impressões estão em consonância com o que coloca Vieira (2012). Ele traz ainda mais informações, como a necessidade de se colocar a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica dentro de algumas alternativas para formar um cidadão capaz de não ser subjugado pela sociedade contemporânea. Os alunos manifestaram preocupações com as limitações da teoria, tanto em sua proposta como em sua utilização. Tais reflexões também são destacadas por Sellanes (2015), que salienta que a necessidade de mudanças na prática educativa não implica em se descartar uma prática ou substituir a tradicional por outra mais inovadora; é necessário considerar os pontos positivos de cada proposta dentro de cada contexto que elas serão inseridas. Mais uma vez, os professores em formação tiveram interação com um conhecimento, mas foram capazes de ser críticos em relação a sua limitação, o que mais uma vez sugere uma aprendizagem significativa crítica.

Quadro 4 – Questões relativas a terceira variável

Questões	4- As UEPS são úteis ao planejar um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica? 5- Você construiu UEPS durante o curso, pretende usá-las em sua prática docente?
Análise das respostas	A opinião dos alunos acerca da UEPS é um dado bastante interessante, pois a proposta é relativamente nova e grande parte dos alunos jamais haviam as utilizado. Os alunos se manifestaram como tendo aprovado a utilização das unidades para planejamento, no entanto, algumas colocações chamaram a atenção. Alunos fizeram questão

	de ressaltar que não se trata de uma metodologia infalível, que ela auxilia a propor um ensino que foge do tradicional, mas não resolve todos os problemas. Também, alguns alunos colocaram que se trata de uma alternativa, mas que entendem sua efetivação um pouco distante da sala de aula pensada para o ensino tradicional.
--	---

Para Paulo (2013), as UEPS surgiram como alternativa ao ensino tradicional. Segundo a análise de Schittler (2015), as UEPS se mostram eficientes tanto como metodologia didática como ao promover o envolvimento, aproveitamento e aprendizagem de alunos do ensino médio. Pantoja (2015) enxerga algumas limitações no uso das UEPS em larga escala. A primeira delas é que requer tempo para planejamento, que devido ao volume semanal de atividades dos professores torna-se um forte empecilho para sua implementação. Também, o fato de alguns alunos não terem predisposição em aprender, o que poderia ser sanado, em parte, com a utilização de situações-problemas passíveis de serem relacionadas com o conhecimento prévio.

A análise das respostas dos professores (Quadro 4) em formação está em consonância com as colocações presentes na literatura. Eles acreditam na potencialidade das UEPS tanto no planejamento como para criar um ambiente subversivo. No entanto, não deixam de manifestar em suas respostas que não se trata de uma metodologia que traria a solução para os problemas da educação, pois teceram algumas críticas em relação a ela, como sua pouca efetividade dentro de uma escola pautada pelo ensino tradicional. Novamente, tais reflexões dos professores em formação, além de estar de acordo com a literatura, ainda sugerem que eles se inseriram dentro de um contexto, sem deixar serem subjugados por ele.

Quadro 5 – Questão relativa a quarta variável

Questões	6- Pretende planejar outras práticas docentes utilizando a metodologia das UEPS incluindo história e filosofia de sua matéria nelas?
Análise das respostas	Um ponto que foi bastante interessante analisar foi sobre a intenção de se utilizar as UEPS construídas no curso em sala de aula e sobre a construção de novas no futuro. As manifestações dos alunos foram na direção de que

	<p>pretendem utilizar as UEPS construídas e que irão planejar outras unidades utilizando a história e filosofia de sua disciplina. Alguns dados, no entanto, chamam bastante atenção. O primeiro é que, mesmo antes de terminar o curso, alguns alunos, que são professores em atividade, já utilizaram suas UEPS em suas práticas docentes. A análise que se pode fazer é de que as unidades foram vistas como sendo um importante auxílio, tanto que as utilizaram quase que imediatamente em sala de aula. Outros alunos se manifestaram a respeito que pretendem utilizá-las, apesar de acreditarem que precisem de ajustes. E ainda, alunos se manifestaram a favor da utilização, no entanto, entendem como tendo muitas dificuldades de pô-las em prática.</p>
--	---

Resultados recentes, como o de Schittler (2015), sugerem que as UEPS são uma importante ferramenta, tanto para pesquisa em educação científica como para uso direto na educação básica. Pantoja (2015), ainda defende que as UEPS facilitam a construção de modelos mentais, a estabilização de tais modelos e a resolução de novas situações. Paulo (2013), ainda sugere que as UEPS não tem sua utilidade restrita ao ensino presencial, sugerindo sua utilização também em ambientes virtuais de aprendizagem.

As respostas dos professores em formação (Quadro 5) estão alinhadas com estes resultados recentes da literatura. Apesar de reconhecerem suas limitações e dificuldade de implementação, já estão usando em sala de aula a metodologia das UEPS mesmo antes de terminar o curso que visava inserir tal abordagem. Pareceu-lhes útil a metodologia que foi posta em sala de aula quase de maneira imediata. O dado de que ainda pretendem planejar futuras UEPS mostra que tal proposta foi entendida como de grande potencial para sua prática docente, mesmo com ressalva que enxergam limitações na proposta. Ainda, a constatação de que pretendem utilizar, na construção de novas UEPS, a História e Filosofia da Ciência parece indicar que os professores em formação entenderam como necessária tal abordagem para propiciar um ambiente subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica

Existe, no entanto, um ponto que não consta nas respostas dos professores em formação e que cabe ressaltar. Parece claro que eles devem ter entendido a importância da história e filosofia da ciência para

um ensino subversivo, mas não foi possível identificar comentários, observações, ou mesmo preocupações dos participantes em relação a estarem devidamente instrumentalizados para isto. Em outras palavras, de conhecerem a história do que ensinam e, pelo menos, alguns autores no âmbito da filosofia da ciência. Este dado aponta que a relevância de se ter um aporte sólido ao se discutir história e filosofia da ciência não parece ter sido suficiente durante a formação continuada, ou seja, parece claro que esta questão precisa ser mais debatida.

Por fim, ao analisar todas as respostas de todas as variáveis, um dado parece bastante relevante. Os professores em formação sempre manifestaram críticas e colocaram limitações a todos os aspectos metodológicos e teóricos que as questões faziam alusão. Este dado indica que apesar de estarem sendo inseridos dentro desta cultura, tiveram capacidade de serem críticos em relação a ela, não sendo subjugados pelo conhecimento discutido no curso. Isto é bastante expressivo, pois sugere uma aprendizagem significativa crítica, tal qual a definição de Moreira (2005). O que permite inferir que o curso de formação de professores teve resultados positivos em sua intenção de propiciar um ambiente subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica na formação continuada de professores.

9.5 PRINCIPAIS ACHADOS

A análise cruzada dos dados oriundos do cotidiano em sala de aula, das entrevistas e dos grupos focais pode ajudar a identificar os principais achados do estudo de caso. Como não haviam hipóteses a serem testadas, os achados foram sendo encontrados no desenvolvimento do estudo oriundos das próprias observações das atitudes dos professores em formação dentro de uma proposta de ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. Foi produzida uma imensa quantidade de dados brutos no estudo de caso realizado. Para procurar achados foi necessário recortar, organizar e categorizar tais dados procurando obter a essência do impacto nos professores em formação de terem contato com ambientes subversivos para uma aprendizagem significativa crítica durante sua formação. Dentre os principais achados do estudo de caso etnográfico analisado neste trabalho pode-se mencionar os seguintes:

- a) Uma proposta de ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica é possível de ser posta em prática dentro da formação continuada de professores;

- b) A maior parte dos professores em formação dentro de uma proposta de ensino subversivo percebe que a escola atual com seu ensino tradicional perdeu o sentido e a utilidade na sociedade contemporânea;
- c) A proposta de um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica é bem recebida por professores em formação;
- d) Quando inseridos dentro de uma proposta subversiva, professores em formação constroem o entendimento de que não existe uma versão única e correta de história da ciência, que cada narração depende de uma filosofia da ciência que subjaz a ela;
- e) A necessidade de se utilizar história e filosofia da ciência para desconstruir os conceitos de verdades e certeza é vislumbrada por professores em formação dentro da perspectiva subversiva;
- f) A metodologia dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica dentro de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa é bem vista pelos professores em formação e as unidades são entendidas como um possível aporte metodológico para uma educação mais coerente com a sociedade contemporânea;
- g) Dentre os empecilhos para implementar um ensino subversivo vislumbrados pelos professores, um deles é metodológico: dificuldade de despertar a pré-disposição em aprender;
- h) Outros dois empecilhos são de natureza política: falta de tempo para preparar uma unidade de ensino potencialmente significativa dentro da proposta subversiva devido à alta carga horária que os professores de escolas públicas são submetidos e a obrigatoriedade de se cumprir uma ementa extensa.

Atualmente, é muito grande a discussão no que tange a formação de professores, devido a desejada excelência do sistema educacional brasileiro (LEONEL, 2015). Segundo Pereira (2000), até meados da década de 1970, a formação de professores no Brasil visava o professor como organizador dos componentes do processo ensino-aprendizagem, predominando, portanto, a dimensão técnica. A literatura sobre formação de professores, como destaca Fernandes (2016), tem feito fortes críticas à formação de professores que se pautam exclusivamente em conteúdos conceituais das diversas áreas, conhecido como visão “conteudista” de ensino. Também existem modelos focados nas

metodologias de ensino, tal modelo “metodologista” é igualmente problemática. Especificamente, ressalta a autora, nos cursos de formação de professores em ciências da natureza parece haver uma preocupação ainda maior com a apropriação dos conteúdos específicos, desconsiderando que a docência envolve uma complexidade de saberes. Há, portanto, sinalizações de que a formação de professores deve enfrentar tal cenário.

O estudo de caso acompanhou, justamente, uma formação continuada de professores que procurou se afastar, tanto da visão “conteudista” como da “metodologista”, levando em consideração a complexidade de saberes envolvidos na atividade docente. Procurando desconstruir a ideia, levantada por Hunsche (2015), que está presente em muitos professores de ciência, que dominar o conhecimento científico é suficiente para prática da docência. Entendendo no estudo de caso como formação continuada, como sugere Leonel (2015), aquela que é voltada para professores com formação inicial profissional que procuram aperfeiçoamento profissional e pessoal. Tal formação é oferecida para adultos com experiência docente, em oposição à formação inicial; normalmente oferecida a jovens sem experiência em sala de aula (FORMOSINHO, 2014).

Os achados oriundos da análise dos dados tendem a mostrar que a formação de professores dentro de um ensino subversivo surte efeitos importantes que se afastam de uma formação tradicional. Analisando o conjunto de achados, a principal implicação que se pode notar desta soma é em relação à mudança de atitude dos professores em relação, tanto à questão educacional, como a epistemológica, bem como a metodológica. Outro resultado importante é que os professores já parecem terem mudado sua prática docente durante o curso. Isto, em parte, supre uma desarticulação, citada na literatura (SOUSA, 2013), entre a instituição formadora e o local de atuação dos professores; a escola.

Vasconcelos (2016) enfatiza que existe a necessidade de o professor refletir sobre si mesmo e posicionar-se criticamente sobre si, seu trabalho e as relações que mantém. Os achados parecem sugerir que isto ocorreu no estudo de caso. Efetivamente, os professores pareceram ter mais momentos de reflexão sobre a prática docente, sobre ciência e como ensinar ciência dentro de uma formação subversiva. Parecerem questionar sua própria prática, suas próprias crenças, suas próprias atitudes, as metodologia e a própria escola. Isto, ao que parece, indica um processo de aprendizagem significativa crítica em relação à educação científica dentro da sociedade contemporânea.

9.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados dos estudos de caso foram importantes, mas ainda são insuficientes sobre diversos aspectos. O primeiro, é claro, por se tratar de um estudo de caso dentro de um contexto específico, não sendo, contudo, possível generalizá-lo. Nada garante que a mesma proposta com outros formadores teria o mesmo resultado em relação à mudança de atitude de professores em formação. O segundo aspecto, aparentemente, enseja o maior desafio: como levar esta mudança de atitude para a educação básica com todos os desafios existentes nestes ambientes, que muitas vezes prezam para manutenção de uma prática tradicional? Os próprios professores em formação apontaram algumas dificuldades que vislumbraram para a proposta subversiva.

O objetivo do estudo de caso, desde a sua construção teórica até sua efetivação na formação continuada de professores foi o de desenvolver possíveis estratégias para viabilizar alterações que possivelmente influenciem a prática docente destes professores em formação. Para tanto, desenvolveram a proposta e implementou-se uma formação de professores construindo um ambiente de ensino subversivo com o objetivo de possibilitar uma aprendizagem significativa crítica, por meio de uma abordagem de história e filosofia da ciência sob a óptica da epistemologia de Feyerabend. No entanto, a pesquisa ensejou mais perguntas que respostas.

Conforme o estudo de Massoni (2010), apenas mudança de atitude de professores não implica em mudanças em sua prática docente. Como consequência destes resultados, tem-se a tendência da necessidade de se repensar os cursos de formação de professores, tanto em relação às disciplinas de história e filosofia da ciência, como nas disciplinas de conteúdo científico propriamente. A pesquisadora sugere que, junto às disciplinas de história e filosofia da ciência sejam incluídas atividades em que os professores em formação tenham a oportunidade preparar, apresentar e submeter a críticas aulas sob determinado aporte epistemológico.

Todo o planejamento como a implementação da formação de professores relatado neste estudo de caso foi orientado de acordo com as sugestões de Massoni. No entanto, os achado deste estudo etnográfico trouxe questões além das levantadas pela pesquisadora. Talvez o mais importante seja que não basta modificar os cursos de formação de professores, possibilitando uma construção de visões de epistemologia da ciência mais coerente com visões contemporâneas, tampouco basta

criar um ambiente de formação que tais perspectivas possam ser planejadas didaticamente para a educação básica. Existem muitos outros desafios, tanto de ordem educacional como política.

Mesmos os professores em formação tendo se alinhado à ideia de um ensino subversivo, por meio dos princípios da aprendizagem significativa crítica, tendo sido capacitados em utilizar as UEPS como metodologia, e ainda aprovando tal abordagem – conforme sugerem os achados desta investigação, ainda assim, tais achados do estudo de caso não indicam que um ensino subversivo esteja próximo de ser construído na educação básica. O empecilho pedagógico citado, de despertar a pré-disposição em aprender, parece ser o menos difícil de sanar; têm-se os mecanismos de algumas décadas de pesquisa em educação científica, logo, apesar de parecer um trabalho tão árduo, não parece ser impossível de ser realizado.

Os principais desafios que os achados do estudo encontraram são de uma ordem muito além da pedagógica: política e social. Os professores que atuam na educação básica pública mostram que o atual sistema parece justamente ser construído para que não haja ensino subversivo, menos ainda que alunos tenham uma aprendizagem significativa crítica. A excessiva carga horária, que impede o planejamento de uma educação deste tipo (muito mais trabalhosa que a pautada em um ensino dissertador) é um dos aspectos que estão além da esfera pedagógica. O desafio que os achados deste estudo de caso levantou para o futuro é como enfrentar tal imposição, como os professores podem ser articular para exigir condições de trabalho que permitam que pratiquem sua docência de acordo com sua formação?

Outro empecilho, a necessidade devido à exigência de diretores e pais que se cumpra a ementa das disciplinas, parece levantar muitas questões. Uma delas é a necessidade de se repensar tais ementas, questionar como elas foram construídas, por quem, quais os objetivos, se elas atendem ou não as necessidades de um aluno que está inserido dentro da sociedade contemporânea. Ou seja, também este problema encontrado parece bastante importante de ser abordado. Parece ser necessário um trabalho bastante profundo para procurar perspectivas futuras, que não se mostram de fácil solução.

O estudo de caso indicou diversos achados que parecem ser úteis para quem pensa os cursos de formação de professores almejando uma educação básica mais útil na sociedade contemporânea. Os professores em formação quando inseridos dentro de um ensino subversivo pautado pelos princípios da aprendizagem significativa crítica, parecem ter construído este tipo de aprendizagem. Além disto, quando têm em suas

formação a oportunidade de preparar, apresentar e submeter a críticas seus planejamentos de aula sob esta perspectiva, parecem ter a vontade de levá-las até a educação básica. No entanto, o estudo de caso também encontrou desafios e problemas que não eram pensados tampouco previstos pelos autores do estudo. Desta forma, a investigação levantou mais perguntas que respostas, e, mesmo por isto, está inacabada. Parece estar ainda bem no início o desafio de criar ambientes subversivos nas escolas de educação básica públicas, capazes de construir uma aprendizagem significativa crítica.

Referências bibliográficas

BARBOSA, L.C.A.; MARCELINO, L.; BAZZO, W.A. O tecnopólio de Postman vem contaminando a educação atual?. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, III, 2012, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2012. Disponível em <http://www.sinect.com.br/2012/down.php?id=2652&q=1>, acesso em 28/11/2016.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto Alegre: Porto Editora, 1994.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica no ensino de história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 20, n. 3, 2015a.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 20, n. 1, 2015b.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. A defesa do copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu? **A Física na Escola**, v. 14, n. 2, p. 14-26, 2016a.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência. **Submetido para publicação**, 2016b.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Para que ensinar física no século XX? Reflexões a partir da filosofia de Feyerabend e do ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XXII, 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos. 2017. Disponível em <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0141-1.pdf>, acesso em 21/12/2016.

ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching**. In: M.C. Wittrock (Ed), Handbook of research on teaching. New York: Macmillan, 1986.

FERNANDES, C.S. **O desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química na interação entre universidade e escola: as potencialidades do Programa Institucional de Iniciação à Docência**. 2016. 310 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

FORMOSINHO, J. Modelos Organizacionais de Formação Contínua de Professores. In: FORMOSINHO, J.; MACHADO, J.; PIRES, M. **Luzes e sombras da formação continuada: entre a conformação e a transformação** (Edições Pedagogo). Serra da Amoreira, Portugal, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

GOETZ, J.P.; LECOMPTE, M.D. **Etnografia y diseño cualitativo em investigación educativa**. Madrid: Ediciones Morata, 1988.

GOMES, M.E.S.; BARBOSA E.F. A técnica de grupos focais para obtenção de dados qualitativos. **Instituto de Pesquisa e Inovações Tecnológicas**, 1999. Disponível em <http://www.educativa.org.br/>, acesso em maio de 2011.

HILL, M.M.; HILL, A. **Investigação por questionário**. Lisboa: Edições Sílabo, 2009.

HUNSCHE, S. **Docência no ensino superior: abordagem temática nas licenciaturas da área de ciências da natureza**. 2015. 363 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

LEONEL, A.A. **Formação continuada de professores de física em exercício na rede pública estadual de Santa Catarina: lançando um novo olhar sobre a prática**. 2015. 411 f. Tese (Doutorado em

Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

MASSONI, N.T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física**. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M.A. Unidades de enseñanza potencialmente signifivos – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. La teoría da aprendizaje significativo crítico: um referente para organizar la enseñanza contemporánea. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, n. 31, p. 9-20, 2012.

PANTOJA, G.C.F. **Unidades de ensino potencialmente significativas em teoria eletromagnética: influências na aprendizagem de alunos de graduação e a proposta inicial de um campo conceitual para o conceito de campo eletromagnético**. 2015. 430 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

PAULO, D. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) como**

instrumento de aprendizagem significativa de física no ensino médio. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal de São Carlos, 2013.

PEREIRA, J. E. D. **Formação de professores: pesquisas, representações e poder.** Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

POSTMAN, N. ; WEINGARTNER, C. **Contestação – nova fórmula de ensino.** Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1978.

POSTMAN, N. **Tecnopólio – a rendição da cultura à tecnologia.** São Paulo: Nobel, 1994.

SCHEINER, L. Aprendizagem significativa crítica e ensino de história: algumas reflexões a partir do Labhum. **Encontros**, v. 10, n. 18, p. 25-34, 2012.

SCHITTLER, D. **Laser de rubi: uma abordagem em unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS).** 2015. 181 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

SELLANES, R.B.G. **Atividade de leitura colaborativa em espanhol: uma estratégia de ensino para promover a aprendizagem significativa crítica.** 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Educação Básica). Universidade Federal de Goiás, 2015.

SOUSA, M. C. Quando universidade e escola vivenciam atividades compartilhadas na iniciação à docência: reflexões sobre as barreiras ou forças impeditivas da parceria colaborativa. In: Sousa, M. C.; Marques, C. P. (Orgs.). **Formação inicial de professores: parceria universidade-escola na formação de licenciandos**. 1ed. Curitiba: Appris, 2013, p. 73-94, 2013.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. Porto Alegre: ARTMED, 2009.

VASCONCELOS, E.R. **A formação de professores na Amazônia e as dimensões socioambientais: um estudo sobre o PAFOR**. 2016. 248 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

VIEIRA, F.A.C. **Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino**. 2012. 197 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

Capítulo 10

**UM ESTUDO DE CASO NA
FORMAÇÃO INICIAL DE
PROFESSORES DE FÍSICA
DENTRO DA PERSPECTIVA DE
UM ENSINO SUBVERSIVO
VISANDO UMA
APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA CRÍTICA**

10 UM ESTUDO DE CASO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA DENTRO DA PERSPECTIVA DE UM ENSINO SUBVERSIVO VISANDO UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

10.1 INTRODUÇÃO

A formação de professores tem passado por diversas transformações ao longo das últimas décadas. Tais mudanças remetem à organização curricular e institucional das licenciaturas (HUNSCHE, 2015). Somente a partir do século XIX é que a formação de professores passou a ter um tratamento institucional, com a criação de escolas normais visando a formação de docentes. Estas instituições privilegiavam o domínio dos conteúdos específicos a serem ensinados aos alunos. Apenas na década de 1890 foi que se deu importância aos modernos processos pedagógicos, além do domínio específico (SAVIANI, 2009).

A organização de cursos para professores para a escola secundária iniciou dentro dos institutos de educação, incorporados ao nível universitário a partir de meados da década de 1930 (PENIN, 2009). Os cursos de licenciatura no Brasil são oriundos da necessidade de preparar professores para a educação secundária. A estrutura curricular desses cursos seguia a lógica “3+1”, ou seja, três partes de conteúdo específico e uma dos pedagógicos (SAVIANI, 2009). Este sistema foi batizado de *modelo da racionalidade técnica*, contribuindo para que o professor fosse visto como um técnico (MARCHAN, 2011).

Durante a década de 1970 ainda predominava o modelo da racionalidade técnica, tendo o professor um papel de organizador dos componentes do processo ensino-aprendizagem (PEREIRA, 2000). Durante a década de 1980 organizou-se um movimento que buscava fortalecer uma educação também voltada para as questões sociais e políticas, que rejeitava a formação de professores neutra em relação a aspectos político-sociais, até então hegemônica (DUTRA e TERRAZZAN, 2012).

A ruptura do modelo tecnicista durante a década de 1980 levou à troca do termo de professor para educador, para enfatizar o papel sociopolítico em detrimento do profissional preocupado apenas com métodos e recursos tecnológicos (PEREIRA, 2000). No decorrer da

década de 1990, a formação de professores começou a ter mais destaque com a publicação dos parâmetros e diretrizes nacionais para educação básica. Na virada do século começou a se privilegiar a formação do professor-pesquisador, que ressalta a formação do professor reflexivo sobre sua ação e que alia sua atividade docente a de pesquisa (HUNSCHE, 2015).

Apesar desta tentativa de afastar a formação de professores do modelo da racionalidade técnica, ele continua marcando muitos cursos de licenciatura que concebem a prática pedagógica como uma aplicação rigorosa de propostas elaboradas por especialistas (BELISÁRIO e ECHEVERRÍA, 2007). A formação do docente em ciências, tem se pautado, historicamente, por um modelo de abordagem objetiva e disciplinar do conhecimento científico. A despeito de todas as críticas a este modelo, ainda hoje, parece imperar a concepção de que dominar conceitos científicos é suficiente para a docência na educação científica (HUNSCHE, 2015). Para Duarte et al. (2009), é necessário romper com este modelo da racionalidade técnica superando o modelo tradicional de ensino buscando novas alternativas. Desta forma, os currículos de formação de professores baseados neste modelo têm sido contestados, criando-se um consenso de sua inadequação para a sociedade contemporânea. Assim, tem-se espaço para novas formulações no âmbito de formação de professores.

O trabalho do professor tornou-se mais complexo, e este docente necessário para a sociedade contemporânea não pode ser formado com a abordagem tradicional. Logo, se faz necessário repensar a formação de professores, para que seja capaz de preparar tais professores. A partir do modelo da racionalidade técnica, seguiram-se outros paradigmas que o contestam. Entre eles, o modelo da racionalidade prática e da racionalidade crítica. Segundo Diniz-Pereira (2014), as discussões atuais acerca da docência expõem a complexidade desta prática, sendo que o modelo da racionalidade prática entende o professor como um profissional que necessita refletir, questionar e reexamina sua prática. No entanto, autores como Carr e Kemmis (1986) não enxergam como muito distintas as visões técnicas e práticas de educação. Considerando mais adequado o modelo da racionalidade crítica, que é marcado por uma educação historicamente localizada, se construindo como uma atividade social intrinsecamente política e problemática. Neste modelo, o professor é visto como o agente que levanta um problema e dirige um diálogo crítico em sala de aula, entendendo o levantamento de problema como sinônimo de pedagogia (DINIZ-PEREIRA, 2014).

Em relação especificamente à formação de professores de Física, segundo Silva e Terrazan (2009), o físico-educador é aquele profissional que deverá irromper a maneira como a Física é tradicionalmente ensinada nas escolas básicas; a saber: privilegiando a memorização de conteúdos conceituais, de equações matemáticas e de técnicas de resolução de exercícios e problemas. O físico-educador tem como papel o de problematizar o conhecimento científico da Física. Segundo Hunsche (2015), o perfil do físico-educador não é o mesmo dos egressos dos atuais cursos de licenciatura. É preciso superar, de acordo com a autora, a fragmentação do conhecimento nos cursos de formação inicial. Não basta que o docente tenha domínio do conteúdo específico de Física, mas também do conhecimento didático-pedagógico. Ainda, que possa articular ambos em sua prática de sala de aula. Além disto, destacam Delizoicov et al. (2002), é preciso uma revisão crítica na forma como a ciência é tratada nas graduações, normalmente “desinteressada, neutra, linear, respaldada na lógica e na racionalidade, de forte base empírica, isenta de crenças e idiosincrasias” (op. cit, p. 72).

Procurando se alinhar a tal contexto de formação de professores, Damasio e Peduzzi (2016) desenvolveram uma posposta de formação de professores que procura se afastar da lógica “3+1”, do modelo da racionalidade técnica, de uma ciência neutra, ou seja, buscando formar físico-educadores, tal qual descrito por Silva e Terrazan (2009). Para tanto, Damasio e Peduzzi elaboraram uma proposta e implataram uma formação que procurou dar importância tanto ao conhecimento específico como ao educacional, abordados de forma concomitante. Tal proposta é pautada pelo ensino subversivo de Postman e Weingartner (1978) visando a aprendizagem significativa crítica de Moreira (2005). A sugestão é fundamentada, tal como Postman, em uma abordagem explícita de história e filosofia da ciência, que se afasta da visão criticada por Delizoicov et al. (2002). A opção foi pelo alicerce da filosofia da ciência de Paul Feyerabend, devido a que sua maneira de entender o empreendimento científico é coerente e complementar à proposta da aprendizagem significativa crítica (DAMASIO e PEDUZZI, 2015).

A seguir se descreve a implementação de tal proposta, em uma situação de ensino com professores em formação, durante o segundo semestre de 2016. As questões foco do estudo são: quais as opiniões sobre o conhecimento científico e o processo ensino-aprendizagem dos professores envolvidos? De que forma essas opiniões impactam no planejamento de sua prática docente na educação básica? Nesta

investigação, optou-se pela etnografia de sala de aula no formato de estudo de caso de observação, de acordo com o proposto por Massoni (2010). O objetivo é procurar entender quais os impactos nas opiniões dos professores em formação, dentro do cenário descrito.

10.2 O COTIDIANO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

O estudo ocorreu no Instituto Federal de Santa Catarina, campus Araranguá, durante o segundo semestre de 2016. A formação inicial faz parte do curso de Licenciatura em Física. A disciplina foi a de Metodologia para o Ensino de Física, destinada a alunos do sexto semestre, de um total de oito. As aulas ocorriam sempre às segundas-feiras, no período de 7h45 a 9h35. O número de estudantes era inicialmente de 8, sendo 1 homem e 7 mulheres. O total de aulas observadas foi de 40 aulas-hora, sendo cada hora-aula de 50 minutos. Por questões éticas, não se divulga em nenhum momento nomes, fotos ou mesmo gravações de áudio ou vídeo.

Os dados analisados envolveram as atividades propiciadas pelo professor aos alunos para procurar identificar as suas concepções prévias de e sobre ciência, os diários de campo do pesquisador, intervenções, trabalhos e produções dos professores em formação, além de entrevistas individuais e um grupo focal ao final da disciplina. O planejamento do curso seguiu a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) proposta por Damasio e Peduzzi (2016). Na proposta dos autores foram utilizados textos de história e filosofia da ciência sob o aporte epistemológico de Feyerabend, um envolvendo episódio relacionado a Galileu e outro a Einstein.

A observação-participante iniciou em 08 de agosto de 2016. No primeiro encontro o professor formador procurou suscitar algumas reflexões a fim de identificar as pré-concepções do professor em formação. Assim, pediu para os alunos responderem por escrito, anonimamente, a questão: Qual o papel do professor? Após responderem, o professor exibiu um vídeo disponível na rede mundial de computadores que apresenta como a sociedade contemporânea é marcada por mudanças drásticas e rápidas (disponível em <https://youtu.be/NsOJunfnYPI>). Após isto, distribuiu aleatoriamente as respostas prévias dos estudantes para que eles mesmos comentassem se concordavam ou não com a opinião do colega.

As respostas dos estudantes tocavam sempre no ponto do professor como mediador da construção do conhecimento do estudante.

Além disto, alguns estudantes ainda levantaram a questão do professor como responsável por fomentar um “espírito crítico” nos alunos; todos os alunos que se manifestaram concordaram com as respostas dos colegas nestas questões. Como nenhum estudante escreveu que o papel do professor é transmitir conhecimento, o formador questionou qual o grau de concordância deles em relação a uma opinião neste sentido. Segundo os dois estudantes que se manifestaram, esta visão de professor está superada e é inadequada para a sociedade atual com excesso de meios de informação, mesmo que muitos professores atuantes ainda concordem com esta atribuição aos docentes. Os demais concordaram com esta perspectiva.

Após isso, apresentou-se o que Postman e Weingartner (1978) chamaram de conceitos fora de foco na educação: (1) *O conceito de "verdade" absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má;* (2) *O conceito de certeza. Existe sempre uma e somente uma resposta "certa", e é absolutamente "certa";* (3) *O conceito de entidade isolada;* (4) *O conceito de estados e "coisas" fixos;* (5) *O conceito de causalidade simples, única, mecânica;* (6) *O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas e;* (7) *O conceito de que o conhecimento é "transmitido", que emana de uma autoridade superior, e deve ser aceito sem questionamento.* Após apresentar os conceitos fora de foco os alunos foram questionados se eles acreditavam que a escola atual reforça ou se afasta desses conceitos.

Todos os alunos afirmaram que reconheciam na escola tradicional que os conceitos fora de foco são reforçados, e não só nas aulas de ciências. A seguir o professor questionou se eles achavam adequado reforçar tais concepções e os alunos unanimemente responderam que acreditam que na sociedade atual a escola deve mudar. Aproveitando essas manifestações, o professor questionou como eles vislumbravam ser possível tal mudança, o que levou, como esperado, a poucas respostas, tímidas e mesmo confusas.

Com a aula chegando ao seu final, o professor apresentou aos alunos os objetivos do curso: formar professores de ciência que se afastem dos conceitos fora de foco para um ensino subversivo, visando uma aprendizagem significativa crítica, por meio de um ensino *de e sobre* ciência sob o viés relativista de Paul Feyerabend. Nesta perspectiva, o professor distribuiu um artigo (Damasio e Peduzzi, 2016) para ser lido para a próxima aula, e pediu para os alunos encontrarem pontos no texto em que eles discordavam dos autores. Há dois pontos que são muito relevantes no artigo e, por conseguinte, no curso. O

primeiro diz respeito a possíveis estratégias para uma mudança na visão epistemológica corrente dos professores de ciência e a importância desta mudança de perspectiva para a educação científica. O segundo se refere a como viabilizar que essas alterações possam influenciar a prática docente. Para tanto, sugere-se uma formação de professores que vise construir um ambiente de ensino subversivo para viabilizar uma aprendizagem significativa crítica, e ainda explicita-se como a história e filosofia da ciência são fundamentais neste contexto.

A segunda aula ocorreu em 15/08. Em seu início, o professor recolheu a produção dos alunos acerca do texto que lhes foi sugerido para leitura. Os alunos tiveram um pouco de desconforto ao responderem, foi visível a influência da leitura prévia, já que estava diretamente relacionada à pergunta que lhes fora feita no primeiro encontro. Certamente, o artigo, ao ser lido e bem compreendido, influenciou as respostas dos alunos. A discussão foi sobre que tipo de ensino pode ser uma alternativa para uma sociedade contemporânea com as exigências e demandas discutidas na aula anterior; que tipo de ensino pode evitar que a escola perca sua utilidade em tempos de enormes fontes de informação. As manifestações dos alunos foram no sentido de que é preciso fazer uma grande reformulação na escola, que o professor não pode mudar a educação sozinho. Uma aluna falou que “A gente estuda, vê os problemas, se convence de que a educação tradicional não é útil, mas chega à escola e tem que fazer tudo o que os diretores querem, o professor fica de mão atadas”.

A partir das ponderações dos alunos, o professor formador passou a discutir a proposta de Postman para um ensino subversivo; sobre como ele entende que o professor, mesmo inserido em uma escola que preze por uma educação tradicional, pode construir um ambiente que se afaste dos conceitos fora de foco. Mais uma vez, os alunos pareceram céticos em relação à possibilidade de criar um ambiente subversivo. Uma aluna se manifestou no sentido de que “todo este discurso é bonito, mas na hora tem que saber como fazer”. Procurar despertar este desconforto foi proposital no planejamento do professor, pois ele encerrou a aula dizendo que as angústias dos alunos já haviam sido sentidas por pesquisadores na área da educação, e expôs o que eles produziram de conhecimento para a questão que passaria a ser estudada a partir de então. O professor distribuiu o artigo de Moreira (2005) onde o autor apresenta a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC). Como atividade de leitura, foi solicitado aos alunos que respondessem, para entregar para a próxima aula, a questão: as provas de assinalar são

compatíveis com professores que procuram avaliar se houve ou não aprendizagem significativa?

A terceira aula foi no dia 22/08. O professor iniciou recolhendo as respostas dos alunos à questão proposta na aula anterior. Os alunos se colocaram afirmando, em sua maioria, que as provas de assinalar medem aprendizagem mecânica e não significativa. Aproveitando esta reflexão, o professor revisou brevemente os conceitos de aprendizagem significativa e mecânica, e expos as condições necessárias para que se construa a aprendizagem significativa: pré-disposição em aprender e material potencialmente significativo. Os alunos se manifestaram de forma que se pode perceber que tinham familiaridade com a teoria de Ausubel.

A seguir, o professor começou a discutir o conceito de aprendizagem significativa crítica. Em relação a este conceito, os alunos se expressaram demonstrando desconhecimento; assim o professor se dedicou a apresentar tal perspectiva e como ela pode ser útil para formar cidadãos no atual contexto da nossa sociedade. Ao final, o professor questionou aos alunos sobre como seria possível planejar aulas procurando uma aprendizagem significativa crítica? Os alunos pareciam curiosos a respeito, mas não se manifestaram com possíveis sugestões. Então o professor disse que a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica sugeria onze princípios para organizar um ambiente subversivo (Moreira, 2005). Ao final da aula, o professor apresentou esses princípios aos alunos. Como atividade de leitura, pediu aos alunos que encontrassem entre os princípios alguns dos quais não concordassem e que escrevessem seus argumentos a esse respeito. O professor encerrou a aula falando que na próxima semana seriam discutidos os onze princípios.

No início da aula do dia 29/08, depois de recolher as atividades, o professor fez uma reconciliação integrativa das discussões anteriores. A seguir, perguntou aos alunos qual o tema que eles mais gostavam visando preparar uma aula. Os temas mencionados giravam em torno da área da Astronomia, e um aluno citou máquinas térmicas. Então o professor fez um desafio: como eles imaginavam uma aula do tema proposto por cada um deles, dentro da perspectiva do ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. Os alunos pareceram desconfortáveis com a pergunta. O professor então falou que a próxima produção dos alunos seria a construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) do tema escolhido dentro da perspectiva discutida. Uma aluna se colocou neste instante dizendo que

não sabia como fazer, manifestação que teve a concordância de seus colegas.

O professor, deliberadamente, teve a intenção de causar este desconforto nos alunos, pois disse que não foram eles os primeiros a não terem ideias sobre como construir um ambiente de ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. O professor então falou que, segundo Moreira, para criar tal contexto de ensino-aprendizagem, uma possível estratégia é se guiar por meio dos onze princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. E então, o professor projetou uma apresentação para a discussão de tais princípios. Os alunos pareciam concordar com os princípios da teoria. Eles faziam comentários que já haviam feito nas aulas anteriores durante a discussão. Os princípios que resultaram com maior dificuldade de entendimento foram o *da consciência semântica* e o *do aluno perceptor/representador*. No entanto, após uma discussão mais aprofundada, os alunos comentaram que eles eram uma consequência da própria teoria de Ausubel. Ao fim, o professor questionou qual era o princípio mais difícil de por em prática na educação básica, ao que os alunos responderam ser o *do abandono da narrativa*.

Para que os alunos pudessem realizar a atividade de preparação de uma aula pautada nos princípios da aprendizagem significativa crítica, o professor apresentou a UEPS. A tarefa para a aula da semana seguinte não seria a de preparar a aula, pois o professor gostaria de estar presente para auxiliar os alunos. O que foi pedido foi à leitura do artigo que apresenta a UEPS (MOREIRA, 2011) e uma reflexão em como pautar uma unidade segundo os princípios discutidos. O professor encerrou a aula pedindo tal reflexão aos alunos.

No encontro do dia 05/09, o professor começou recolhendo as atividades e com a discussão sobre as UEPS. Apresentou, então, a metodologia das unidades enfatizando aos alunos que durante a sua construção procurassem contemplar os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Após a exposição das UEPS o professor deu início à atividade, onde os alunos tinham que construir suas unidades sobre um tema de livre escolha. Durante todo o restante do encontro, o professor atendeu os alunos esclarecendo suas dúvidas, auxiliando alguns a construir suas UEPS. Ainda, anunciou que o produto final desta atividade seria entregue no início do próximo encontro e um dos alunos seria sorteado para apresentar sua unidade para o grande grupo a fim de permitir uma socialização das impressões e dúvidas acerca deste tipo de abordagem.

O início do encontro do dia 12/09 deu-se com o recolhimento das UEPS elaboradas pelos alunos, sendo que alguns deles a enviaram por email. Após isto, foi sorteado um aluno para apresentar ao grande grupo a sua unidade. O tema escolhido pelo aluno foi Luz e Visão. Antes de iniciar a sua exposição, o professor chamou a atenção que nas etapas sugeridas para a construção de UEPS, o primeiro passo é escolher um tema específico; desta forma, o professor questionou: o tema escolhido pelo aluno era específico para uma unidade ou era abrangente demais? O próprio aluno respondeu dizendo que tinha escolhido um tema muito amplo, que deveria ter se restringido apenas à visão.

No decorrer da apresentação, o professor teceu elogios à diversidade de materiais instrucionais e de estratégias de ensino planejadas pelo aluno. Além disso, ressaltou que as dinâmicas sugeridas facilitavam a interação social e o modelo do abandono da narrativa do professor. Também, a preocupação em levantar as concepções prévias e levá-las em consideração logo no início foi bastante exaltada. O ponto que o professor mais se ateve foi na apresentação expositiva dialogada. Ele colocou que em um ambiente de ensino subversivo todo professor é um professor da história de sua disciplina, e na educação científica também de sua filosofia. No entanto, estes aspectos não apareceram na proposta do aluno, e ao questionar os demais, nenhum deles respondeu que levou estes aspectos em consideração. Evidentemente, isso era esperado, pois os licenciandos normalmente não têm conhecimento da história da sua ciência – geralmente não a aprendem na graduação, logo, não podem usar o que desconhecem em suas estratégias de ensino.

Após a apresentação do aluno, o professor o questionou: você mudaria sua unidade depois das discussões de hoje? O estudante afirmou que faria várias mudanças, que não tinha ficado feliz com o resultado. O professor então falou que errar faz parte do processo de aprender, que todos nós aprendemos corrigindo erros. Então ele questionou ao demais: alguém mais mudaria sua UEPS? Todos os alunos afirmaram que fariam mudanças profundas em suas produções. E, ao encerrar, o professor falou “coloquem que corrigir os erros é fundamental em suas unidades, seus alunos devem estar confortáveis para errar como vocês parecerem estar hoje. Um ambiente subversivo exige tal consciência de professores e alunos!”. Então distribuiu um artigo para leitura para a próxima aula (DAMASIO e PEDUZZI, 2015). No artigo, defende-se e, por conseguinte, no curso, que a educação científica pode e deve proporcionar subsídios relevantes para o aluno desenvolver uma cidadania mais consciente e atuante ao favorecer uma melhor compreensão sobre a natureza da ciência e sobre a construção do

conhecimento científico. Por certo, qualquer abordagem histórica da ciência tem uma orientação epistemológica, e esta deve estar devidamente articulada com o referencial educacional, em uma situação de ensino. Defende-se ainda que visões de ciência relativistas, como a de Paul Feyerabend, são coerentes e complementares com o objetivo de uma educação que visa formar pessoas inquisitivas, flexíveis, criativas, inovadoras, tolerantes e liberais, ao contrário de visões racionalistas como as de Karl Popper e Mario Bunge.

Na aula do dia 19/09 o professor fez uma reconciliação integrativa das questões discutidas até então e levantou as questões: O que é ciência? Como se faz ciência? O conhecimento científico é melhor do que o conhecimento de outras tradições? Após isto fez uma breve explanação acerca das filosofias do racionalismo e relativismo em epistemologia, de acordo com o artigo sugerido aos alunos. Em seguida, propôs a seguinte atividade: durante as discussões das questões levantadas acerca da natureza da ciência, os alunos deveriam fazer um comparativo entre possíveis respostas racionalistas e relativistas para as perguntas. Ao final, os alunos deveriam fazer arguições de qual perspectiva uma abordagem de história e filosofia da ciência estaria mais alinhada com um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica.

No quadro construído pelos alunos, eles caracterizaram principalmente a visão racionalista associada a alguma forma de método e regras que produzem um conhecimento mais confiável que o conhecimento de outras tradições, sendo a marca da ciência sua racionalidade e objetividade. Já para os relativistas, ressaltaram que não há delimitação clara entre o que é ciência e não ciência, rejeitando a hipótese do método científico universal, o que leva a ciência a não ser um padrão de excelência indiscutível, além de ter inúmeros elementos que os racionalistas reconheceriam como irracionais e não lógicos.

Por fim, o professor questionou: qual das duas visões é a correta? Na discussão que se seguiu ao questionamento, os pontos que professor e alunos acordaram foi que nenhuma das duas visões é correta ou incorreta; são apenas maneiras diferentes e válidas de ver a natureza da ciência. Logo após, o professor questionou: qual das duas visões é coerente com um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica? Neste caso, os alunos entenderam que a visão relativista de ciência é a que mostra ter mais potencial.

O professor esperava por esta conclusão, tanto que, após a mesma, forneceu um texto onde se apresenta uma interpretação relativista dos julgamentos de Galileu (DAMASIO e PEDUZZI, 2015c).

Após isto, solicitou que os alunos respondessem em duplas as seguintes questões e as entregassem por escrito ao fim da aula: (i) O que levou Galileu a ser julgado no século XVII? e; (ii) Galileu foi injustiçado pela Igreja?

O professor iniciou a aula do dia 26/09 recolhendo a atividade e fazendo uma reconciliação integrativa das últimas aulas. Logo após, recuperou as questões levantadas no encontro anterior. As manifestações dos alunos começaram com uma estudante que disse que já tinha ouvido falar dos julgamentos de Galileu, e que a versão que tinha conhecimento afirmava que ele tinha sido julgado e condenado por defender que a Terra gira em torno do Sol e não o contrário. Como a Igreja Católica sustentava que a Terra estava no centro, Galileu teria sido condenado por discordar disso. Os outros estudantes concordaram com esta manifestação, alguns inclusive relataram que tinham ouvido que ele tinha sido queimado na fogueira, e inventado o telescópio.

A partir destas manifestações o professor perguntou: será mesmo que esta versão é plausível? Seriam as passagens bíblicas contrárias à crença do movimento da Terra tão importantes assim para causar tanto impacto sobre Galileu? O professor desafiou os alunos a citarem alguma passagem bíblica neste sentido; ninguém o fez. O professor pareceu esperar tal atitude, pois em seguida perguntou: vocês acham mesmo que esta história está definitivamente contada ou teriam outras versões? E então, o professor falou que iria abordar o episódio dos julgamentos de Galileu com outro viés, fundamentado na filosofia da ciência de Feyerabend e na versão de um importante historiador. Pediu que, para a próxima aula, os estudantes lessem o texto sobre o assunto para se prepararem para um debate.

Na aula do dia 03/10 o professor iniciou resumindo a discussão do encontro anterior. Em seguida começou a aula expositiva-dialogada com o contexto histórico em torno dos julgamentos de Galileu. A primeira questão colocada foi sobre o que os alunos sabiam sobre Martinho Lutero e a Reforma. Uma aluna respondeu que Martinho tinha se rebelado contra a Igreja Católica. O professor aprofundou as questões colocadas pela aluna e inseriu o contexto da Contrarreforma da Igreja Católica, sobretudo acerca do Concílio de Trento. A seguir tratou da questão da transubstanciação da Eucaristia o dogma em Trento, e sua base filosófica no tomismo de Aristóteles. Então propôs a questão: algum filósofo que defendesse abertamente a filosofia atomista de Demócrito estaria com problemas com a Inquisição Romana por heresia? Os alunos responderam que sim.

Após a contextualização histórica, o professor começou a discussão em torno de como Galileu estava inserido naquele cenário. Iniciou com o julgamento de 1616, como as atitudes da Igreja podem ser interpretadas como racionais e sensatas ao recomendar Galileu que mantivesse a hipótese copernicana como uma possibilidade matemática. O professor questionou os alunos sobre suas opiniões acerca deste ponto de vista. Uma aluna falou “mesmo que não contem esta versão dentro do senso comum, ela parece bastante plausível”. Ato contínuo, o professor iniciou o debate acerca de 1623 com a publicação de Galileu de seu livro “O Ensaaiador”. Fez um breve resumo das ideias acerca da visão corpuscular da matéria defendidas no livro e perguntou aos alunos: será que os defensores dos dogmas de Trento teriam apreciado a obra ou teriam denunciado Galileu? Se alguém denunciou Galileu, por que ele só foi julgado na década seguinte? Com estes questionamentos o professor encerrou a aula dizendo que iria retomar o debate a partir destas questões.

Na aula do dia 10/10, o professor começou recuperando as duas questões levantadas no final do encontro anterior e solicitou aos alunos que manifestassem suas opiniões. Quem se colocou a respeito disse que pareceria natural que Galileu tivesse sido denunciado por se contrapor ao tomismo, que dava base filosófica para o dogma da transubstanciação da eucaristia. Logo, o professor continuou dizendo que houve denuncia contra ele na década de 1620, abafadas por se tratar de uma pessoa ligada ao papa. Em seguida, a questão abordada foi da crise pela qual passou o papado na década de 1630 e como isto se refletiu no julgamento de Galileu pelo motivo de não seguir a recomendação oficial de não defender como verdade a doutrina copernicana.

Após encerrar o debate sobre a versão relativista dos julgamentos de Galileu, o professor sugeriu uma dinâmica com os alunos. Ele pediu para que eles fizessem em grupo a escolha de cada um dos temas específicos que seriam abordados em suas UEPS junto com a discussão histórica de Galileu. Assim que cada aluno tivesse uma proposta levaria ao professor que negociaria com ele a finalização do tema, e após isto escreveria no quadro para os demais colegas terem conhecimento dos temas escolhidos. Dentre as escolhas estavam: plano inclinado, fases da Lua, os epíclis de Copérnico, pêndulo, movimento retilíneo uniforme e acelerado e queda de corpos. Após a atividade, o professor encerrou a aula dizendo que os alunos deveriam construir suas UEPS e o encontro da próxima semana seria destinado a dividir as dúvidas com o professor e colegas.

Na semana do dia 17/10, o professor ficou à disposição dos alunos para que estes tivessem auxílio na construção de suas UEPS. Participaram desta atividade cinco alunos, sendo que os faltantes justificaram suas ausências por motivo de saúde. Três alunos finalizaram em aula as unidades que já haviam iniciado em casa; os outros dois terminaram o encontro com suas UEPS em estágio inicial. O professor solicitou que todos encaminhassem as UEPS por email até o fim da semana, afirmando que daria retorno individualmente sobre algumas questões que pudessem ser melhoradas em cada caso particular.

A próxima aula ocorreu no dia 7/11. Nesta aula o professor começou com uma reconciliação integrativa de todo o curso. Após isto, colocou que iriam começar as discussões teóricas para a construção da próxima UEPS. Para tanto, inicialmente seria apresentada mais uma discussão histórica. Para o princípio, o professor perguntou: como começa uma teoria científica? Os alunos pareceram um pouco desconfortáveis com o questionamento, até um pouco confusos. Um dos alunos então falou “de muitas maneiras”. Os demais alunos concordaram com esta manifestação. Então o professor fez um novo questionamento: vocês acreditam que esta seja a opinião dos professores que atuam na educação básica? A reação dos alunos foi a mesma que na pergunta anterior, mas desta vez ninguém se manifestou. Neste momento o professor trouxe referências bibliográficas que mostravam dados que a maioria dos professores de ciência tem uma visão empírico-indutivista de ciência, que está claramente desalinhada com a moderna filosofia da ciência. Após, o professor lançou um desafio de os alunos construir UEPS procurando desconstruir tal visão de ciência ainda muito disseminada dentre os docentes, e que, por consequência, permeia em geral a educação científica.

Os alunos pareciam curiosos para saber como seria a proposta do professor. Ele usou tal curiosidade para questionar: quem é o maior ícone da ciência? Os alunos não tiveram dúvida em afirmar que é Albert Einstein. Então o professor distribuiu artigos (ARRUDA e VILLANI, 1996; MARTINS, 2005; DAMASIO e PEDUZZI, 2017) que abordavam a gênese da relatividade de Einstein para serem lidos em casa e pediu para que os alunos refletissem sobre as seguintes questões: Einstein fundamentou sua teoria a partir de dados experimentais? Einstein construiu sua teoria sozinho? Após estes questionamentos o professor encerrou a aula.

A próxima aula foi no dia 21/11. O professor iniciou os trabalhos a partir das duas questões que finalizaram a aula anterior. Os alunos se disseram surpresos com a leitura dos textos, pois traziam questões que

eles não tinham refletivo ainda. O professor questionou qual delas havia mais chamado à atenção. Uma aluna disse que “eu achava que Einstein tinha feito a teoria sozinho em Genebra, mas ao ler que grande parte da relatividade já estava pronta antes dele, me surpreendeu”. Outro professor em formação ainda completou: “eu nunca tinha ouvido falar de Lorentz e Poincaré, mas agora entendi como eles foram importantes para a relatividade restrita”.

O professor formador então iniciou uma discussão em torno das colocações dos alunos. Ele falou que a ideia de dar crédito a uma única pessoa por uma teoria é considerado ultrapassado do ponto de vista historiográfico. Segundo o entendimento mais contemporâneo, existem rupturas que alguns epistemólogos chamam de revoluções – mas mesmo elas são construções coletivas. O caso do surgimento da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) de Einstein é uma ótima oportunidade de trazer tal abordagem para a educação básica desconstruindo tal visão de ciência chamada de whiggismo.

Outro ponto que o professor trouxe para debate foi sobre a possível visão empírico-indutivista associada à gênese da relatividade restrita, isto é, que a proposta de Einstein teria sido uma resposta a dados experimentais. Ele relatou a versão que Einstein teria se fundamentado nos resultados negativos para a detecção do éter nos experimentos de Michelson-Morley, para construir a sua teoria. O professor formador então questionou: esta versão é consistente com uma análise mais profunda sobre a gênese da TRR?

Os professores em formação disseram que já haviam escutado sobre a versão empírico-indutivista para o surgimento da TRR, e também ficaram surpresos com as leituras ao perceberam que, nem os dados históricos, tampouco os depoimentos do próprio Einstein, corroboraram tal versão. A seguir, o professor formador discutiu os problemas teóricos que levaram Einstein a sua TRR.

Para a aula seguinte, foi solicitado aos alunos que procurassem materiais instrucionais que abordassem a TRR sob o ponto de vista histórico e já refletissem sobre a abordagem deles na sua próxima UEPS. As unidades deveriam discutir algum tema específico da TRR concomitantemente com a desconstrução histórico-filosófica de que Einstein construiu a teoria sozinho e que se fundamentou em dados experimentais.

No dia 28/11, o professor iniciou uma mesa-redonda para que os alunos socializassem os materiais instrucionais que haviam levantado durante a semana. Começou solicitando a cada aluno que fizesse uma breve explanação do que havia trazido, se estava alinhada ou não a uma

visão whiggista e empírico-indutivista. Após todos os alunos socializarem seus materiais, o professor solicitou que eles lessem os materiais uns dos outros, e refletissem sobre que tópico específico iriam abordar em suas UEPS. O professor formador então começou a escrever no quadro os temas de cada aluno, que variavam entre paradoxo dos gêmeos, conceitos de espaço-tempo, GPS, contribuições de Lorentz e Poincaré e equivalência massa-energia. Após a definição dos tópicos específicos o professor encerrou a aula.

No dia 5/12 o professor iniciou a aula propondo duas atividades. A primeira, de construção de um mapa conceitual para a aula de revisão dos conceitos a serem abordados na UEPS (3º passo). A segunda, o início da elaboração da UEPS individual. Para a composição do mapa, os alunos utilizaram o software *CmapTools*, e como já tinham familiaridade com esta ferramenta consultaram pouco o professor formador para a realização da atividade. Já para o início da elaboração das unidades, o professor foi consultado várias vezes, sendo bem variadas as abordagens de cada aluno.

No dia 12/12 os alunos haviam desenvolvido bastante suas UEPS. Tendo os mapas construídos, eles consultaram o professor apenas para aprovação ou não de sua atividade. As sugestões do professor eram sempre feitas como um questionamento se os alunos concordavam ou não com as colocações. Os alunos finalizaram suas UEPS, e o professor sugeriu que um aluno fosse sorteado para apresentar sua UEPS ao grande grupo na próxima aula. Os professores em formação concordaram.

No encontro do dia 19/12 o professor iniciou com o sorteio do aluno que iria apresentar sua UEPS. O tema escolhido pelo estudante sorteado foi quais eram os problemas da física que haviam levado Einstein a sugerir a sua TRR, e como eles não tinham ligação direta com resultados experimentais. Durante toda a apresentação, o professor fez questionamentos aos demais alunos sobre as suas UEPS, não limitando os questionamentos apenas ao aluno que apresentava. O primeiro foi sobre o tema específico escolhido por cada um, depois acerca das situações iniciais e do seu aprofundamento. Como regra geral, os alunos ainda apresentavam alguma dificuldade no aprofundamento das situações iniciais.

O professor ficou bastante satisfeito em ver que os alunos apresentaram UEPS embebidas em questões de história e filosofia da ciência concomitantemente a questões conceituais das teorias, principalmente se fundamentando nos artigos estudados (ARRUDA e VILLANI, 1996; MARTINS, 2005; DAMASIO e PEDUZZI, 2017).

Outro ponto que os alunos pareceram interessados em compartilhar foi acerca das formas de avaliação, tanto individuais como coletivas. Eles dividiram suas abordagens procurando por instrumentos que indicassem aprendizagem significativa crítica. Ao final, o professor questionou se os alunos iriam mudar suas UEPS depois da discussão em grupo. Todos os alunos responderam afirmativamente, de tal forma que o professor solicitou que as UEPS modificadas fossem enviadas para o grupo antes do próximo encontro aonde seria realizado o grupo focal, encerrando assim a aula.

O professor, no dia 21/12, informou como seria realizado o grupo focal. Antes de iniciar a atividade, o professor explicou como é constituída esta dinâmica, quais seus objetivos. Ainda, que seria gravada em áudio para posterior análise. O grupo focal durou cerca de uma hora; sua descrição e análise serão feitas em seção posterior. Após a realização, o professor marcou as entrevistas individuais e encerrou o curso.

10.3 ANÁLISES

A análise baseou-se, conforme sugere Massoni (2010), no pressuposto que a partir de um estudo de caso do tipo etnográfico e da descrição exaustiva dos dados pode-se obter um ordenamento conceitual. A pesquisa qualitativa, segundo Erickson (1986), é sobretudo interpretativa, já que busca entender como sujeitos atribuem significados a eventos dentro de um contexto. Os resultados, então, são apresentados por descrições, narrativas, fragmentos de entrevistas ou questionários (RAICIK e PEDUZZI, 2015).

10.3.1 Análise do cotidiano da sala de aula

Para procurar identificar fenômenos de interesse, na formação inicial de professores dentro do contexto apresentado, foram organizados os dados produzidos dentro do cotidiano em sala de aula. A descrição das atividades na formação dos professores é feita no Quadro 1, que expõe as ações centrais do professor.

Quadro 1 – Descrição do cotidiano em sala de aula

Aulas	Atividades
-------	------------

1-2	Organizador prévio: qual o papel do professor na sociedade contemporânea?
3-4	Apresentação e discussão do ensino subversivo de Postman.
5-6	Discussão da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e introdução ao conceito de aprendizagem significativa crítica.
7-8	Apresentação e discussão dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e introdução às UEPS.
9-10	Construção da UEPS de tema livre.
11-12	Apresentação e discussão das UEPS construídas pelos alunos.
13-14	Discussão das filosofias da ciência racionalista e relativista.
15-16	Apresentação do contexto histórico em que os episódios envolvendo Galileu estavam inseridos.
17-18	Continuação da discussão dos episódios envolvendo Galileu.
19-20	Início da construção da UEPS abordado a ciência de Galileu.
21-22	Construção coletiva das UEPS.
23-24	Início da discussão das opinião/concepções empírico-indutivista e whiggista da ciência.
25-26	Discussão da inadequação de vincular a proposta da TRR com os resultados negativos de Michelson-Morley.
27-28	Atividade de socialização dos materiais instrucionais e definição do tópico específico de cada aluno.
29-30	Construção de mapa conceitual e início da construção da UEPS envolvendo a relatividade restrita de Einstein.
31-32	Construção cooperativa das UEPS.
33-34	Apresentação e discussão das UEPS construídas pelos alunos.
35-36	Realização do grupo focal.
37-40	Realização das entrevistas individuais.

A análise foi organizada de acordo com a sequência sugerida por Strauss e Cordin (2009): Fez o que? Como? Por quê? Segundo esta proposta é preciso analisar como e porque o professor formador realizou as atividades descritas no Quadro 1. No estudo de caso, estas perguntas parecem convergir para a mesma resposta, pois o professor realizou as atividades justamente procurando criar um ambiente de ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica. Tendo este objetivo bem claro, é possível identificar nos dados que ele planejou as

aulas justamente visando implementar os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

A questão de análise, então, é se o curso foi pautado nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Em relação ao conhecimento prévio, as aulas levantaram o que os alunos já sabiam e tal conhecimento era levado em consideração na realização das atividades. Também a interação social e o ensino de perguntas estavam presentes, assim como a diversidade de materiais instrucionais e de estratégias de ensino.

O conhecimento como linguagem e a incerteza do conhecimento foram bastante enfatizados pelo professor durante as discussões históricas. Também a desaprendizagem foi ressaltada nas mesmas discussões. O planejamento das aulas de acordo com o abandono da narrativa/deixar o aluno falar também estava presente nas aulas, que foram marcadas por manifestações dos alunos. Muitas vezes o professor ficou períodos sem falar, apenas organizando as manifestações dos alunos. Este princípio normalmente é visto como um dos mais difíceis de ser posto em prática, mas no estudo de caso ele foi implementado com rigor.

Já a consciência semântica e do aluno como perceptor/representador foram os princípios mais difíceis de identificar na análise do cotidiano de sala de aula. O primeiro por se tratar da necessidade de o professor se conscientizar que o significado está nas pessoas e não nas palavras e o segundo que o aluno decide como representar a instrução que recebe. Apesar de inferir que o professor concorde com tais princípios, não parece que eles tiveram qualquer influência nas atividades observadas no estudo de caso.

Desta forma, a disciplina foi fundamentalmente orientada pelos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, sugerindo que a intenção de criar um ambiente subversivo foi alcançada. No entanto, o impacto nos professores em formação, não pode ter indicativos apenas com base na observação das aulas e dos materiais produzidos pelos alunos; as entrevistas e o grupo focal são igualmente fundamentais nesta análise.

10.3.2 Análise do grupo focal

A técnica do grupo focal é de caráter qualitativa, indicada para obter informações em profundidade. Trata-se de um grupo reduzido que realiza uma discussão informal. Conforme Gomes e Barbosa (1999), o objetivo principal da técnica é evidenciar a opinião dos participantes

sobre algum ponto específico. A dinâmica inicia com um moderador levantando algumas questões, não devendo fazer julgamentos sobre a manifestação a fim de não desencorajar as participações. O grupo focal foi gravado em áudio e transcrito para análise.

Como introdução ao grupo focal neste estudo de caso foi apresentado o episódio 4 da série *Poeira das Estrelas* acerca da vida e obra de Isaac Newton. A partir do vídeo, o professor levantou as questões em três eixos:

Eixo epistemológico: 1) A versão apresentada no documentário é confiável²⁶? 2) Em sua opinião existe alguma versão confiável de história da ciência, no sentido de ser a única em que se possa confiar?

Eixo educacional: 1) Em sua opinião, qual a função do professor na sociedade contemporânea? 2) Em sua opinião, a história e filosofia da ciência são úteis para um professor na sociedade atual?

Eixo metodológico: 1) Os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica são úteis para um professor na sociedade contemporânea? 2) Eles são aplicáveis em sala de aula? 3) Quais os principais empecilhos para criar um ambiente subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica?

A dinâmica ocorreu no dia 21/12. Contou com os seis estudantes que terminaram a disciplina e durou cerca de uma hora. Para preservar a identidade dos participantes do grupo focal, a citação não será feita por seus nomes, sendo os estudantes chamados de aluno 1 a 6. O professor formador desempenhou a função de moderador.

Após as considerações iniciais, o moderador levantou a primeira questão. O aluno 1 criticou a versão apresentada no vídeo por ter dado destaque isolado à figura de Isaac Newton, dando a entender que todo o desenvolvimento da Teoria da Gravitação Universal foi feita por ele, “como se a partir dele tivesse dado início a revolução na ciência, como se não tivesse outros cientistas”. Os demais alunos concordaram com a colocação do aluno 1. O aluno 2, por exemplo, falou que “a concepção de ciência do vídeo é a empírico-indutivista”. O aluno 3 criticou a maneira linear de entender a história da ciência mostrada. O aluno 4 comentou a colocação do aluno 2 ressaltando a crítica da visão apresentada de que “todas as teorias científicas devem ser comprovadas

²⁶ O que se entende por confiável no questionamento não é acerca do conhecimento histórico apresentado, mas a aspectos relativos à natureza da ciência.

por experimentos”. O aluno 5 ainda reforçou as críticas colocando que a versão exposta “colocou Newton como tendo resolvido todos os problemas” da ciência, visão considerada inocente pelo estudante. O aluno 3 corroborou a crítica citando o poema de Alexander Pope “A natureza e as leis da natureza estavam imersas em trevas; Deus disse "Haja Newton" e tudo se iluminou”; citado no vídeo.

Quando a segunda pergunta foi feita pelo moderador para o grupo, todos os membros responderam em voz alta que não. O aluno 3 disse que “não há narrativa histórica neutra, todas são versões com falhas”. Os demais concordaram com a colocação do estudante.

A seguir, o moderador começou as perguntas sobre o eixo educacional. O aluno 2 colocou que “devido a grande disponibilidade de informações, das rápidas mudanças e drásticas, é necessário que o professor tenha consciência de que sua formação está sempre incompleta”, “ele deve estar sempre atualizado para despertar o lado crítico do aluno”. O aluno 6 disse que “muitos professores se apoiam exclusivamente nos livros didáticos”, o que impediria a formação de uma postura crítica. O aluno 3 falou que “para construir um ensino subversivo não é necessário uma grande estrutura sofisticada”, que mesmo professores que utilizam Tecnologia da Informação e Computação em suas aulas continuam a promover uma aprendizagem mecânica. O aluno 5 afirmou que o professor deve apresentar sua disciplina baseada na incerteza do conhecimento, “a incerteza do conhecimento é importante, tanto como aluno como pessoa”. Ainda destacou que para apresentar o conhecimento desta forma é fundamental ensinar perguntas em vez de respostas. Os demais alunos concordaram; o aluno 1 ainda completou mencionando que “deve colocar a ciência como não produzindo verdades absolutas”.

Neste momento o moderador fez a pergunta sobre a importância de se abordar história e filosofia da ciência em sala de aula. O aluno 1 disse que “é necessário esta abordagem para desconstruir as certezas do conhecimento científico”; ainda teceu críticas às próprias disciplinas de física geral do curso de graduação, “os conceitos são entregues prontos, as equações, as coisas...”. Para o aluno 4, “ensinar física como pronta e acabada é uma contradição em uma sociedade pautada exatamente por mudanças drásticas e rápidas”. O aluno 5 disse que “ensinar física de maneira descontextualizada de sua história e filosofia é muito mais cômodo aos professores”, mas apresentar a física como um conhecimento verdadeiro e inquestionável é inútil para formar um cidadão na sociedade contemporânea. O aluno 1 concordou e ainda acrescentou que “os próprios alunos já estão acostumados com este tipo

de abordagem”. O aluno 5 consentiu e ainda trouxe a experiência vivenciada por ele dentro de uma escola pública que corrobora a impressão do aluno 1. Ele ainda colocou que “sem abordar explicitamente história e filosofia da ciência fica mais difícil criar um ambiente em que se entenda que a aprendizagem ocorre por meio da correção de erros”. O moderador então perguntou se os alunos acreditavam que o papel principal do professor é o de transferir conhecimento e todos eles responderam em voz alta que não acreditavam nisso. O aluno 4 colocou que um professor que ele considera útil deve ensinar para além da física; desta forma, não é a quantidade de conhecimentos de física que determina um bom professor desta área. Faz-se necessário saber para que está se ensinando física. O aluno 1 afirmou que “se o professor considerar como seu papel o de transferir o conhecimento que possui, ele se coloca acima dos alunos e faz o papel de autoridade detentora do saber a ser repassado” que, segundo ele, é uma visão totalmente desvinculada da sociedade atual. O aluno 5 colocou que “um bom professor de física não é necessariamente aquele que sabe mais física, mas o conhecimento físico é fundamental, não se pode ensinar física sem saber física”.

A seguir, o moderador fez o primeiro questionamento acerca do eixo metodológico. O aluno 6 concordou com a utilidade dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, assim como o aluno 3, que colocou que “os princípios como base para se criar um ambiente subversivo”. Os alunos 1 e 2, além de concordarem com a utilidade da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), também colocaram as UEPS como forma de instrumentalizar os professores para preparar aulas de acordo com os princípios. O aluno 5 relatou o caso pessoal de que pretendia criar um ambiente subversivo em um atividade docente; para isto já havia utilizado as UEPS tendo resultados considerados positivos por ele. O aluno 3 colocou que “os princípios orientam o professor a se afastar de um docente que queira transmitir conhecimento e se aproximam de um que pretende ser um facilitador de uma aprendizagem útil para a sociedade contemporânea”. O aluno 4 levantou que “os princípios se colocam em oposição à prática usual das escolas atuais” por isto ressaltou a importância de o professor se pautar em tais princípios.

A seguir, o professor levantou a segunda pergunta do eixo metodológico. O aluno 4 colocou que “acredito na possibilidade de o professor ser subversivo, mesmo na estrutura atual das escolas”, “tanto que poderia trazer exemplos”. O aluno 1 falou que “conversei com meu orientador e pretendo usar a UEPS construída no curso” acerca de

Galileu em seu estágio de regência. Segundo o aluno, o orientador concordou por acreditar ser viável um ensino pautado pelos princípios da TASC. O aluno ainda completou dizendo que “não é necessário, para a implementação das UEPS, um ambiente preparado para tal ou de equipamentos tecnológicos”, o que entende como uma vantagem.

Por fim, o mediador levantou a última pergunta acerca dos empecilhos para os princípios da TASC chegarem a salas de aula da educação básica. O aluno 2 falou que “a quantidade de alunos, quase sempre superior a 33, a alta carga horária do professor e as poucas aulas de física”, duas semanais na rede estadual de Santa Catarina, dificultam a implementação de uma UEPS na perspectiva de um ensino subversivo. A aluna 5 colocou que “não há necessidade de se cumprir todo o currículo previsto para a disciplina”, mas que acredita ser difícil convencer os diretores e pais de alunos desta desnecessidade. O aluno 2 também disse que vê necessidade de se cumprir toda a ementa prevista, não sendo, portanto, só os diretores e pais que entendem assim: “na hora do ENEM se vê a necessidade de cumprir o conteúdo”. Todos os demais alunos discordaram dele. O aluno 1 disse “se tu sair daqui com este pensamento não entendeu o que discutimos até aqui na graduação”. Os alunos 1 e 5 disseram que para fomentar um ensino subversivo é necessário “dar a cara a tapa”, que muita gente não vai se sentir à vontade com um professor com uma postura diferente da mais corrente na escola tradicional. “Não dá para seguir a regras deles senão vai ficar do jeito que tá”, disse o aluno 1. Seguiu-se a isto os alunos tentando convencer o aluno 2 de que é necessário o professor não aceitar as imposições de diretores e pais, que deve estar seguro da sua proposta docente e ser fiel a ela. Para finalizar, o professor explicitou a pergunta: em relação ao currículo, é preciso cumpri-lo ou não? Todos os alunos, exceto o 2, afirmaram que não é necessário, “até porque nenhum plano de aula é interdisciplinar”, disse o aluno 1. Ele também colocou que a maior dificuldade é a motivação dos alunos, de mudar a realidade de alunos passivos e com pré-disposição a não aprender física: “até a gente dar um gás neles vai ser bem complicado”. O aluno 5 concordou e também ressaltou que os alunos estão querendo cada vez mais informações rápidas: “eles não querem mais ler textos longos”, e o professor deve preparar uma aula de acordo com esta realidade, o que, segundo o aluno, é também uma das maiores dificuldades. O aluno 3 acredita que, quando o professor tentar implantar um ambiente subversivo, os próprios alunos irão se contrapor, “porque eles estão acostumados com aquele sistema tradicional de ficar quietos escutando”.

10.3.3 Análise das entrevistas individuais

Entrevistas podem ser úteis, principalmente procurando levantar informações específicas ao fim de estudos (BOGDAN e BIKLAN, 1994). Neste tipo de atividade, questões abertas podem levar a respostas com frases e orações, de forma que permita que sejam mais elaboradas, não se restringindo a poucas alternativas (RICHARDSON, 1985). Este tipo de questão também é útil ao estudar processos e produtos de interesse da pesquisa qualitativa (RAICIK e PEDUZZI, 2015).

A elaboração das questões abertas neste estudo de caso se fundamentou nas orientações de Hill e Hill (2009). As entrevistas foram realizadas após o término da observação-participação do cotidiano da formação de professores e da realização do grupo focal. As perguntas foram planejadas para levantar as opiniões dos professores em formação dentro de quatro variáveis de investigação ou categorias de análise: (i) acerca da necessidade de se repensar o ensino tradicional na sociedade contemporânea; (ii) acerca da aprendizagem significativa crítica; (iii) acerca da utilidade das UEPS e; (iv) sobre sua utilização.

O embasamento metodológico para a análise das respostas dos professores em formação encontra-se na Teoria Fundamentada de Strauss (MASSONI, 2013). A partir das categorias de análise procurou-se por um processo de codificação aberta buscando identificar e classificar os dados, selecionando as informações. O objetivo é escrever as conclusões por meio de assertivas concisas e coerentes como resposta à pergunta proposta inicialmente. Como já descrito, a questão foco do estudo são quais as opiniões sobre o conhecimento científico e o processo ensino-aprendizagem dos professores em formação, bem como, de que forma essas opiniões podem impactar no planejamento de sua prática docente na educação básica?

Os dados e discussão dos resultados serão apresentados em quatro etapas, uma para cada categoria de análise. Os quadros 2 a 5 trazem as perguntas de cada variável de investigação e uma análise geral das respostas. Eles são seguidos por uma reflexão acerca da análise das respostas de cada variável de investigação. A amostra foi constituída pelos cinco alunos que terminaram a disciplina e foram aprovados.

Quadro 2: Questões relativas à primeira variável

Questões	<p>1- Qual sua opinião, antes e depois do curso, acerca da necessidade da escola atual, com seu ensino tradicional, para a formação necessária para um cidadão contemporâneo?</p> <p>2- Qual sua opinião acerca da necessidade de se repensar o</p>
----------	---

	ensino nas escolas inseridas dentro da sociedade contemporânea?
Análise das respostas	O aluno 1 colocou que “antes do curso não havia tido sobre os problemas enfrentados pela educação na sociedade contemporânea”, e que, a partir de tais reflexões, entende que a escola atual é inútil na sociedade atual. Ainda vê como urgente uma reformulação, e que ela deve partir de uma nova geração de professores, que deverá ter formação para desenvolver tais mudanças, o que não ocorre atualmente. Ainda tece críticas à necessidade, defendida por muitos educadores, de se cumprir um currículo e a resistência às mudanças nas escolas. O aluno 2 respondeu dentro da mesma perspectiva e ainda usou o adjetivo de ‘falida’ para a escola atual, também, que “não tenho expectativa de mudanças a curto prazo” para tal cenário. Ele entende a necessidade de uma formação mais adequada para mudar tal contexto, já que a formação inicial tradicional não atende tal perspectiva. O aluno 3 disse que “mudei minha visão sobre o papel da escola durante o curso”, de uma preparação para os níveis seguintes de escolarização e o mercado de trabalho para o de potencializar a reflexão crítica para a construção de uma aprendizagem mais útil. Entende também como necessária uma reformulação na escola atual e que o professor tem papel fundamental neste sentido. Os alunos 4 e 5 tiveram respostas alinhadas às anteriores, sem, no entanto, se aprofundarem muito nas respostas. O aluno 5 enfatizou suas críticas ao que chamou de ‘modelo de repassar conhecimento’.

A partir da microanálise das respostas dos professores em formação, pode-se levantar o seguinte achado: A maior parte dos professores em formação dentro de uma proposta de ensino subversivo percebe que a escola atual, com seu ensino tradicional, perdeu o sentido e a utilidade na sociedade contemporânea.

Esta necessidade de se repensar a escola tradicional está em consonância com as conclusões de muitos outros trabalhos. Fronza (2016), por exemplo, acredita que há uma grande distância entre a vivência escolar e a vivência social. Para Aranha (1996), as escolas não acompanham as rápidas mudanças que aparecem na sociedade. Segundo Leonel (2015), a escola, diante do “vertiginoso processo de mudanças expressivas presente praticamente em todas as nações e culturas” (op. cit., p. 28), tem mudado a passos muito lentos.

Moreira (2014) destaca que a escola criticada por Postman e Weingartner durante a década de 1960 mudou pouco, apesar de a sociedade ter se transformado drasticamente. “O discurso educativo

pode ser outro, mas a prática escolar segue sem fomentar o “aprender a aprender” que permitirá à pessoa lidar com a mudança de forma frutífera e sobreviver” (op. cit., p. 6). Segundo Martín-Barbero (2014), se as mudanças na sociedade não forem percebidas pelas reformas educacionais, a escola estará condenada a uma crescente anomalia dentro de sua própria sociedade.

Quadro 3: Questão relativa à segunda variável

Questões	3- A aprendizagem significativa crítica dentro da sociedade contemporânea é entendida como necessária por você?
Análise das respostas	O aluno 1 colocou como “extremamente necessária a TASC na escolarização”, justificando tal afirmativa por a teoria ser centrada no aluno e levar em consideração seu contexto e sua individualidade. O aluno 2 concorda com a necessidade da teoria, apesar de considerar “uma utopia o ensinar sem se preocupar com o currículo”. O aluno 3 também se alinhou com a opinião que entende como necessária a teoria, justificando que nela o aluno passa “a ser agente questionador e transformador do seu próprio meio e aprendizagem”. O aluno 4 fundamentou a necessidade da teoria porque ela é um suporte para uma educação que forme cidadãos críticos, reflexivos e não passivos. O aluno 5 se limitou a concordar com a necessidade da teoria, sem, no entanto, refletir sobre sua resposta.

A partir da microanálise das respostas dos professores em formação, pode-se levantar o seguinte achado: A proposta de um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica é bem recebida por professores em formação.

O entendimento da TASC como relevante na escola inserida na sociedade contemporânea é compartilhada por outros autores. Paulo e Moreira (2005) colocam que a proposta da aprendizagem significativa crítica, que subjaz o ensino subversivo, permite que o aluno entenda como relevante o novo conhecimento construído e utilizando-o de maneira crítica. Para Vieira (2012), a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica surgiu como um importante aporte para proporcionar uma educação que fomente um aluno autônomo, que saiba se estabelecer no mundo em que vive.

Silva et al. (2012) enxergam a TASC dentro de uma perspectiva sociocrítica que permite ao aluno conviver com incertezas e relatividades. Ainda, sugerem que cabe ao professor adotar uma diversidade de estratégias, uma postura dialógica e estimular os alunos a

questionar, de tal forma, que a aprendizagem significativa crítica seja construída. Sellanes (2015) coloca que a aprendizagem significativa crítica não é uma teoria revolucionária, mas traz um conjunto de fatores que contribuem para o processo ensino-aprendizagem em todas as áreas de conhecimento. Ainda, afirma que é possível encontrar nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) uma tendência que o ensino tenha as características de uma aprendizagem significativa crítica.

Quadro 4: Questões relativas à terceira variável

Questões	4- As UEPS são úteis ao planejar um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica? 5- Você construiu UEPS durante o curso, pretende usá-las em sua prática docente?
Análise das respostas	O aluno 1 concordou com sua utilidade, pois “possui uma sequência que facilita o planejamento do professor”. O aluno pretende, além de utilizar as UEPS construídas, planejar outras. O aluno 2 justificou a conveniência das UEPS por permitir “um ambiente ideal para o aluno expor seus pensamentos” propiciando um ambiente subversivo. Ele também pretende utilizar as unidades em sua prática docente. O aluno 3 justificou a opção pelas UEPS devido ao docente conseguir “fazer o aluno refletir criticamente, compreendendo os saberes de forma histórica e epistemológica”. O aluno 4 pretende utilizar as unidades, pois por meio delas o professor consegue planejar as aulas de maneira desfragmentada, contextualizada e que potencialize a reflexão crítica. O aluno 5 se limitou a responder afirmativamente as perguntas sem refletir muito sobre suas respostas.

A partir da microanálise das respostas dos professores em formação, pode-se levantar o seguinte achado: A metodologia dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica dentro de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa é bem vista pelos professores em formação e as unidades são entendidas como um possível aporte metodológico para uma educação mais coerente com a sociedade contemporânea.

As UEPS também são bem vistas por diversos outros autores. Calheiro e Garcia (2014), por exemplo, entendem que a construção das unidades possibilita a interação entre professor, aluno e material potencialmente significativo. Ainda, que atividades planejadas de acordo com esta metodologia facilitam a evolução conceitual dos

alunos. Para Paulo (2013), as UEPS surgiram como alternativa ao método tradicional de ensino que ocorre no sentido único do professor para o aluno, também são úteis para planejar instrução em ambientes virtuais.

Hilger e Griebeler (2013) entendem como vantagem da implementação das UEPS o fato de que somente serão consideradas exitosas se a avaliação apresentar indícios de aprendizagem significativa. Ainda, que esta avaliação é feita durante todo o percurso. Com as UEPS, a avaliação do desempenho não está restrita a uma prova final e os alunos podem avaliar sua própria aprendizagem durante todo o processo. Além de, as unidades poderem ser usadas como recurso para a atualização curricular. Pantoja (2015) coloca que a eficácia das UEPS não se restringe a facilitar a aprendizagem significativa dos alunos com pré-disposição em aprender, mas também aos alunos que se mostram inicialmente desmotivados. Sob este ponto de vista, as unidades são ainda mais potencializadas que de sua proposta inicial. O autor, no entanto, vê alguns entraves para a implementação das UEPS, entre eles a alta carga horária dos professores da rede pública que impediria o planejamento das aulas por meio das unidades.

Quadro 5: Questão relativa a quarta variável

Questões	6- Pretende planejar outras práticas docentes utilizando a metodologia das UEPS incluindo história e filosofia de sua matéria nelas?
Análise das respostas	O aluno 1 disse que “não consigo mais imaginar uma aula com apenas conceitos físicos, sem trazer novas abordagens como a história e a filosofia por trás de cada teoria”. O aluno 2 vê a articulação entre os conceitos de ciência com sua história e filosofia, de tal forma, que torne possível os alunos se sentirem a vontade de questionar a própria cultura que aprendem. O aluno 3 vê a construção de UEPS como uma metodologia que permite abordar a física como uma ciência humana, desmistificando-a. Também, entende que as unidades permitem planejar aulas nas quais o professor abandone o papel de transferidor de conhecimento. O aluno 4 disse que irá adotar as unidades pois permitem uma abordagem de e sobre ciência, de tal forma que se possa abordar também a filosofia e história da física. O aluno 5 se limitou a comentar que pretende construir outras UEPS para planejar suas atividades docentes.

A partir da microanálise das respostas dos professores em formação, pode-se levantar o seguinte achado: A história e filosofia da ciência é indispensável para desconstruir os conceitos de verdade e certeza na educação científica.

Na literatura existe uma série de trabalhos que estão em consonância com a importância de se abordar história e filosofia da ciência na educação científica (MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 2001; GUERRA et al, 2004; MARTINS, 2007; FORATO et al., 2011; RAICIK e PEDUZZI, 2015). Um aspecto que é importante ressaltar, no entanto, é o que destacam Silveira (1996) e Arthur (2010): não existe ensino de ciência sem filosofia da ciência. Sempre na educação científica há uma imagem de ciência passada pelo professor. Ou seja, um professor de ciência “ensina” filosofia da ciência mesmo que não tenha consciência disto. E se o docente tiver consciência de suas concepções e das que ele aborda em suas aulas, a visão de ciência formada pelos alunos será muito mais adequada que as visões deformadas descritas por Gil Pérez et al (2001). Este aspecto significativo parece ter ficado bem claro aos professores em formação.

Após a análise, um dado resulta ser muito relevante. Os alunos pareceram se apropriar das discussões acerca do ensino subversivo, da aprendizagem significativa crítica, dos episódios históricos e da metodologia das unidades de ensino potencialmente significativas. Os dados levantados durante a análise do cotidiano em sala de aula, do grupo focal e das entrevistas encontraram indícios de aprendizagem significativa, tal como descritos por Masini e Moreira (2001). A conclusão é que eles foram inseridos dentro da cultura que se discutiu. Apesar disto, eles foram capazes de tecer críticas a todos os elementos discutidos; da sua própria formação à metodologia apresentada das UEPS, ou seja, eles não foram subjugados ou treinados. Isto parece um indicativo que o objetivo de construir uma aprendizagem significativa crítica por meio de um ensino subversivo dentro da formação inicial de professores parece ter sido alcançado.

10.4 PRINCIPAIS ACHADOS

A partir da análise dos dados oriundos do cotidiano de sala de aula, do grupo focal e das entrevistas individuais foi possível fazer um cruzamento de todas as informações. Para sistematizar a apresentação dos resultados, foram escritos em sentenças concisas os achados a partir de todo o estudo de caso:

- a) Uma proposta de ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica é possível de ser posta em prática dentro da formação inicial de professores;
- b) A maior parte dos professores em formação dentro de uma proposta de ensino subversivo percebe que a escola atual com seu ensino tradicional perdeu o sentido e a utilidade na sociedade contemporânea;
- c) A proposta de um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica é bem recebida por professores em formação;
- d) Quando inseridos dentro de uma proposta subversiva, professores em formação constroem o entendimento que não existe uma versão única e correta de história da ciência, que cada narração depende de uma filosofia da ciência que subjaz a ela;
- e) A necessidade de se utilizar história e filosofia da ciência para desconstruir os conceitos de verdades e certeza é vislumbrada por professores em formação dentro da perspectiva subversiva;
- f) A metodologia dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica dentro de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa é bem vista pelos professores em formação e as unidades são entendidas como um possível aporte metodológico para uma educação mais coerente com a sociedade contemporânea;
- g) Professores reconhecem algumas dificuldades para levar o ensino subversivo para as escolas, dentre eles a de despertar a pré-disposição em aprender, a falta de tempo para preparar uma unidade de ensino potencialmente significativa dentro da proposta subversiva e a obrigatoriedade de se cumprir uma ementa extensa.

Estes achados despertam questões levantadas por muitos autores acerca da formação de professores. Viveiro e Campos (2014), por exemplo, veem a escola como tendo um papel fundamental, especialmente o ensino de ciências, no contexto de intensas e aceleradas mudanças ambientais, científicas, tecnológicas e sociais. Ainda, criticam a educação científica que privilegia o estudo de fatos isolados por meio da reprodução simplificada de verdades transmitidas. Neste cenário, Borges e Lima (2007), apontam a necessidade de se repensar o conteúdo abordado e os procedimentos metodológicos adotados na educação científica.

Algumas estratégias, afirmam Araújo e Bizzo (2005), podem favorecer práticas educativas que levem os alunos a uma postura crítica, estimulando o diálogo e a construção de um conhecimento multidisciplinar. Moita Neto e Santos (2011) colocam que ao professor de física não basta o saber científico; ele precisa integrá-los a outros saberes acadêmicos. Silva e Carvalho (2014) traçam o cenário dos cursos de licenciatura em Física, aonde há problemas referentes na relação entre as disciplinas de cunho específico e de ensino. Ainda, estes cursos dão pouca ou nenhuma importância a aspectos que se referem à construção do conhecimento, além da maioria das disciplinas não estabelecerem relações com as questões de ensino. Estas questões ganham ainda mais relevância quando se leva em consideração, conforme afirmam Zimmermann e Bertani (2003), que para lecionar ciência não é preciso apenas conhecimento específico e pedagógico, mas também que haja interação entre eles.

O estudo de caso parece, em parte, ter avanços significativos em muitos destes aspectos. Em toda a abordagem os conhecimentos de cunho específico dialogavam com os pedagógicos e metodológicos, procuravam estabelecer diálogos entre todas as partes e ainda fomentavam a perspectiva de construir um conhecimento multidisciplinar. Também, as questões epistemológicas, de como se constrói o conhecimento científico, foram alicerces de toda a abordagem. Além disto, os alunos se questionaram sobre o seu papel enquanto professor, e, segundo a análise, se afastaram do entendimento da função de um professor dissertador e que transmite informações. Ao que parece, a abordagem parece ter se afastado de muitas das críticas aos cursos de licenciatura que são descritos na literatura. Os achados ainda permitem ter indícios de que o resultado final se aproximou bastante dos objetivos traçados ao se planejar o curso, ou seja, de construir um ambiente em que fosse possível que os professores em formação tivessem uma aprendizagem significativa crítica.

10.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta analisada neste estudo de caso procurou despertar nos professores questionamentos acerca do papel do professor, qual sua função na sociedade atual e como desempenhá-la. Os dados mostraram que um ensino subversivo permite que os professores em formação reconheçam a necessidade de se repensar o papel da escola dentro da sociedade contemporânea, ainda, que a mudança deva se iniciar dentro

dos cursos de licenciatura que, além disto, não parecem ter reconhecido esta imposição. Estas reflexões por parte dos professores se tornam relevante porque, normalmente quando se fala em escolarização, a discussão geralmente gira em torno dos meios e não dos fins. Quando se discute os meios, a pergunta sobre a razão das escolas existirem fica em segundo plano. Postman (2002) sugere passar dos meios para os fins, sobre qual o propósito da escola, pois sem um propósito ela pode perder todo o sentido e chegar ao seu fim.

Segundo Postman (2002), na escolarização, existem dois problemas a resolver: um de engenharia e outro metafísico. O primeiro é essencialmente técnico, diz respeito aos meios pelos quais os jovens se instruem, quase sempre endeusado, sobrevalorizando a sua importância. O problema metafísico é sobre a razão da escolaridade, quais os motivos para os jovens estarem em sala de aula e participar de todo o processo escolar.

A nova educação proposta por Postman (2002) identifica como a velha educação aquela em que os estudantes ficam sentados, calados, passivos ao aceitarem sem discussão a tudo que lhes apresentam. A velha educação, para o autor, levaria à formação de pessoas dependentes de autoridade; ela não ensina muita coisa proveitosa para a sobrevivência na sociedade contemporânea. A falta de finalidade para a instituição escolar pode levar inclusive ao fim da escola. A nova educação proposta é aquela pensada para ajudar a formar pessoas preparadas para a mudança, como as que os cidadãos contemporâneos enfrentam diariamente.

Como vários autores alertam (ARANHA, 1996; LEONEL, 2015; FRONZA, 2016), o sistema educacional ainda não reconheceu que a mudança constante e cada vez mais acelerada é a característica do mundo contemporâneo. A proposta de um ensino subversivo é para formar pessoas dentro desta nova perspectiva, com novos significados que auxiliem a compreender que uma parte de suas crenças mais arraigadas pode não estar tão bem fundamentada como suponha. Também, que pontos de vista diferentes podem ser úteis na compreensão e interpretação do mundo em que se vive. Para a escola mudar, no entanto, é preciso mudar a postura dos professores, conseqüentemente, os cursos de licenciatura. Uma abordagem como a que foi utilizada no presente estudo de caso pode contribuir para iluminar caminhos que vislumbrem em um primeiro momento, e concretizem, posteriormente, mudanças que levem a um novo currículo, aonde haverá interação entre os saberes específicos, educacionais e metodológicos. Os resultados, sendo positivos, parecem indicar um

possível caminho para a formação de professores capazes de criar ambientes subversivos em sua docência.

Os pressupostos e fundamentos da pesquisa realizada foram orientados na perspectiva de que a escola na sociedade atual seria mais proveitosa se fosse subversiva. Sua finalidade seria subverter atitudes, crenças, pressupostos que fomentam a esterilidade. A escola tradicional, no entanto, é outra, pois pouco ou nada faz para encorajar jovens a inquirir, duvidar ou contestar qualquer setor da sociedade em que vivem. A escola deveria servir como meio principal para o desenvolvimento nos jovens de atitudes de aptidão de crítica social, política e cultural. Isto se constituiria em um instrumento subversivo que permitiria a uma pessoa fazer parte da sua própria cultura e ao mesmo tempo situar-se longe dela. Os resultados do estudo de caso mostram que o primeiro passo para esta nova escola pode ser dado no curso de formação inicial de professores.

Referências bibliográficas

ARANHA, M. L. A. **História da educação**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 1996.

ARRUDA, S. M. VILLANI, A. Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905.

Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n1: p.32-47, 1996.

ARAÚJO, M. I.O.; BIZZO, N. O discurso da Sustentabilidade, Educação Ambiental e a Formação de Professores de Biologia.

Enseñanza de las Ciencias. Número extra, 2005.

ARTHURY, L.H.M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em

Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

BASTOS, F. P.; NARDI, R. Debates recentes sobre formação de professores: considerações sobre contribuições da pesquisa acadêmica. In: BASTOS, F. e NARDI, R. (Orgs.) **Formação de professores e práticas pedagógicas no ensino de Ciências: contribuições da área**. São Paulo: Escrituras Editora, 2008.

BELISÁRIO, C. M.; ECHEVERRÍA, A. R. Discussão conceitual em espaços assimétricos de formação. In: **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis/SC, 2007.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto Alegre: Porto Editora, 1994.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

CALHEIRO, L.B.; GARCIA, I.K. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidades de ensino potencialmente significativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 177-192, 2014.

CARR, W. KEMMIS, S. **Becoming critical: education, knowledge and action research**. London: The Falmer Press, 1986. ISBN 0-203-49662-0 Master e-book; ISBN 0-203-56821-4 (Adobe eReader Format); ISBN 1-85000-089-1 (Print Edition); ISBN 1-85000-090-5 (pbk.). Disponível em: <https://enotez.files.wordpress.com/2011/09/becoming-critical.pdf>. Acessado em 27 de janeiro de 2017.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 2011.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Coerência e complementaridade entre a epistemologia de Paul Feyerabend e a teoria da aprendizagem significativa crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 61-83, 2015.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência. **Submetido para publicação**, 2016.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. Considerações epistemológicas relativistas acerca da influência dos resultados negativos de Michelson-Morley na gênese da teoria da relatividade restrita de Einstein. **Submetido para publicação**, 2017.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. A formação continuada de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem

significativa crítica por meio da história e filosofia da ciência sob o viés relativista: um estudo de caso. **Submetido para publicação**, 2017b.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DINIZ-PEREIRA, J E. Da Racionalidade Técnica à Racionalidade Prática: Formação Docente e Transformação Social. **Perspectiva em Diálogo Revista Educação e Sociedade**, v.1, n.1, p-34-42, 2014.

DUARTE, M. S. et al. Perspectivas para além da Racionalidade Técnica na Formação de Professores de Ciências. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis/SC, 2009.

DUTRA, E. F.; TERRAZAN, E. A. Reflexos das normativas legais sobre formação de professores da educação básica em configurações curriculares de cursos de Licenciatura em química e formação de identidade profissional docente. **Ensaio Pesquisa Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 169-180, 2012.

ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching**. In: M.C. Wittrock (Ed), *Handbook of research on teaching*. New York: Macmillan, 1986.

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

FRONZA, K. R. K. **Repercussões sociais decorrentes do avanço científico e tecnológico: manifestações curriculares resultantes da intervenção docente..** 455 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOMES, M.E.S. e BARBOSA E.F. A técnica de grupos focais para obtenção de dados qualitativos. **Instituto de Pesquisa e Inovações Tecnológicas**, 1999. Disponível em <http://www.educativa.org.br/>, acesso em maio de 2011.

GUERRA, A.; FREITAS, J.R.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 224-248, 2004.

HILBER, T.R.; GRIEBELER, A. Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativo utilizando mapas conceituais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 199-213, 2013.

HILL, M.M.; HILL, A. **Investigação por questionário**. Lisboa: Edições Sílabo, 2009.

HUNSCHE, S. **Docência no ensino superior: abordagem temática nas licenciaturas da área de ciências da natureza.** 2015. 363 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

LEONEL, A.A. **Formação continuada de professores de física em exercício na rede pública estadual de Santa Catarina: lançando um novo olhar sobre a prática.** 2015. 411 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

MARCHAN, G. D. S. **Políticas Públicas, Currículo e o Processo de Formação Docente: um Estudo sobre as Configurações Curriculares dos Cursos de Licenciatura em Física de uma Universidade Pública.** 2011. 242 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, 2011.

MARTÍN-BARBERO, J. **A comunicação na educação.** São Paulo: Contexto, 2014.

MARTINS, R. A. A dinâmica relativística antes de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 11-26, 2005.

MARTINS, A.F.P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras neste caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MASINI, E.F.S.; MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MASSONI, N.T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física**. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MASSONI, N. T. Uma metodologia viável de análise qualitativa: Teoria Fundamentada. Porto Alegre: 2013. **Publicação interna, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M.A. Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. Conferência proferida durante o **Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ**, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014. Disponível em

http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf. Acesso em 07/02/2017, 2014.

MOITA NETO, J. M. M.; SANTO, K. A perspectiva ambiental no curso de Licenciatura em Física da UFPI: reflexões sobre o atual Projeto Político Pedagógico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, 3701, 2011.

PANTOJA, G.C.F. **Unidades de ensino potencialmente significativas em teoria eletromagnética: influências na aprendizagem de alunos de graduação e a proposta inicial de um campo conceitual para o conceito de campo eletromagnético**. 2015. 430 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

PAULO, D. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) como instrumento de aprendizagem significativa de física no ensino médio**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal de São Carlos, 2013.

PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. Um estudo sobre a captação do significado do conceito da dualidade onda-partícula por alunos do ensino médio. **Ensañaza de las Ciencias**, número extra, p. 1-5, 2005.

PEDUZZI, L.O.Q. Sobre a utilização didática de história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (org.) **Ensino de física: conteúdo, metodologia e**

epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PENIN, S. T. D. S. Profissão Docente. **Programa Salto para o Futuro - TV Escola**, v. Edição Especial - ANO XIX, n. 14, 2009.

PEREIRA, J. E. D. **Formação de professores: pesquisas, representações e poder.** Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

POSTMAN, N. **O fim da educação – redefinido o valor da escola.** Rio de Janeiro: Graphia, 2002.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Contestação – nova fórmula de ensino.** Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1978.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O.Q. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 2, p. 138-160, 2015.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas.** São Paulo: Atlas, 1985.

SAVIANI, D. Formação de Professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14, n. 40, p. 143-155, 2009.

SELLANES, R.B.G. **Atividade de leitura colaborativa em espanhol: uma estratégia de ensino para promover a aprendizagem significativa crítica**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Educação Básica). Universidade Federal de Goiás, 2015.

SILVA, A. A. D.; TERRAZZAN, E. A. Organização dos Estágios Curriculares Pré-Profissionais em Cursos de Licenciatura em Física. In: **Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória/ES, 2009.

SILVA, C.; KATO, L.A.; PAULO, I.J.C. A perspectiva sociocrítica da modelagem matemática e a aprendizagem significativa crítica: possíveis aproximações. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 109-123, 2012.

SILVA, J. R. N.; CARVALHO, L. M. O. Aportes teóricos e metodológicos para a constituição de um grupo de planejamento conjunto com docentes da licenciatura em física. **Ensaio Pesquisa Educação em Ciências**, v. 16, n. 2, p. 85-106, 2014.

SILVEIRA, F.. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 197-218, 1996.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. Porto Alegre: ARTMED, 2009.

VIEIRA, F.A.C. (2012) **Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino**. 2012. 197 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru.

VIVEIRO, A. A.; CAMPOS, M.M.L. Formação Inicial de Professores de Ciências: Reflexões a partir das Abordagens das Estratégias de Ensino e Aprendizagem em um Curso de Licenciatura. **Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 221-249, 2014.

ZIMMERMANN, E.; BERTANI, J.A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.1: 43-62, 2003.

Considerações Finais

**PARA QUE ENSINAR CIÊNCIA
NO SÉCULO XXI?**

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

11.1 INTRODUÇÃO

Segundo Postman e Weingartner (1978), mudanças rápidas e drásticas são características da nossa contemporaneidade. Não obstante, para Aranha (1996), as escolas não acompanham as aceleradas mudanças que aparecem na sociedade e, segundo Fronza (2016), há uma grande distância entre a vivência escola e a vivência social. Com base nessas asserções, proporcionar, por meio da educação científica, subsídios relevantes para o desenvolvimento de uma cidadania mais consciente e atuante, consiste em um grande desafio contemporâneo.

Postman e Weingartner (1978) sugerem o que chamam de uma nova educação, que implica uma nova escola, diferente da atual que, segundo a visão dos autores, forma pessoas dependentes de autoridade não ensinando muita coisa proveitosa para a sobrevivência na sociedade contemporânea. A nova escola seria mais profícua se fosse subversiva – tendo como função subverter atitudes, crenças e pressupostos que fomentam a esterilidade – além de desenvolver, nos estudantes, atitudes de aptidão de crítica social, política e cultural. Este é o ensino subversivo de Postman e Weingartner, aquele capaz de fazer o sujeito se inserir em sua própria cultura e ao mesmo tempo situar-se longe dela.

A presente tese de doutorado visou abordar esta questão, levantando os seguintes problemas: *Como a educação científica, dentro da perspectiva de um ensino subversivo, pode auxiliar na formação de um cidadão preparado para enfrentar uma sociedade caracterizada por mudanças rápidas e drásticas? Que aspectos históricos, filosóficos e conceituais devem constar em uma situação de educação científica dirigida a professores em formação para que eles fomentem um ambiente na educação científica onde a aprendizagem significativa crítica possa ser construída?*

O delineamento da pesquisa pautou-se nos cuidados e recomendações de Moreira (2004, 2009). Segundo o autor, é preciso evitar fragilidades que marcam muitos trabalhos em educação científica e tecnológica. Duas destas debilidades ganham destaque: (1) autores que relegam o conteúdo científico a um nível bem inferior em suas pesquisas e (2) trabalhos sem referenciais teórico, epistemológico e metodológico adequados e coerentes – em particular, um grande número de estudos sem marco teórico ou com um suposto aporte que não se articula com o objeto estudado. As preocupações de Moreira parecem ser ainda mais relevantes quando se percebe que a comunidade, ou um recorte dela,

tem apresentado as deficiências apontadas por ele. Assim, buscou-se estruturar os fundamentos da pesquisa à luz de referenciais compatíveis com os seus objetivos, articulando-se o aporte epistemológico com a educação científica e mostrando sua coerência e complementaridade com os referenciais teórico e metodológico.

Segundo Pena (2004), apesar de grandes avanços na pesquisa em educação científica no Brasil, elas ainda têm pouco ou nenhum impacto em sala de aula. Um ponto, que reforça a assertiva de Pena, é a constatação de que muitos trabalhos oriundos da pesquisa em educação científica são teóricos, propostas sem componente empírico que impliquem ações diretamente em sala de aula. Para tentar superar esta barreira e chegar às escolas, a investigação de doutorado objetivou levar seu desenvolvimento teórico para a sala de aula, por meio de sua implementação em cursos na formação inicial e continuada de professores.

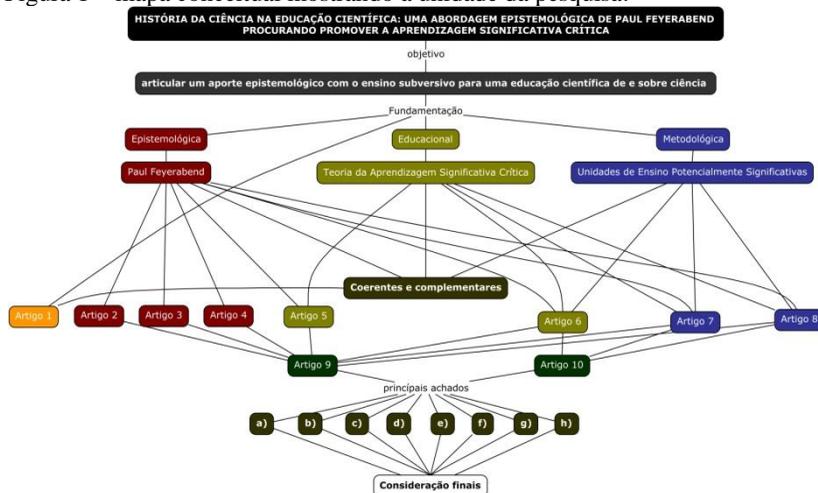
A pesquisa tem três eixos básicos: o teórico educacional (Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica), o epistemológico (relativismo de Paul Feyerabend) e o metodológico (Unidades de Ensino Potencialmente Significativas). O mapa conceitual apresentado na Figura 1 procura dar uma visão geral do estudo desenvolvido. Conforme Moreira (2013), mapas conceituais são úteis como recurso para apresentação de um determinado tópico. Sendo representações externas que mostram uma organização interna, é necessário que eles sejam explicados pelos proponentes. O mapa explicita os objetivos específicos da pesquisa, sendo cada um deles alvo de um artigo particular. Os artigos podem ser lidos independentemente, mas, em conjunto, conferem unidade à pesquisa, que teve como objetivo geral articular um aporte epistemológico com o ensino subversivo para uma educação científica *de e sobre* ciência.

O Artigo 1 tratou de produzir uma revisão bibliográfica, a partir de programas de pós-graduação, para levantar os motivos que pesquisadores em formação têm alegado para justificar o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica, além de procurar identificar a existência e apropriação dos aportes epistemológico e educacional. A revisão alicerçou boa parte da investigação, pois mostrou diretrizes para seguir a fim de evitar debilidades recorrentes na pesquisa em educação científica.

A partir do eixo epistemológico, procurou-se por interfaces da filosofia da ciência de Feyerabend com a educação científica e deste estudo produziram-se mais três artigos. O Artigo 2 analisou questões polêmicas acerca da epistemologia de Paul Feyerabend e como tal

discussão pode ter impacto na formação de professores. O Artigo 3 investigou a (im)pertinência da alcunha atribuída a Paul Feyerabend de pior inimigo da ciência e a fundamentação das críticas à epistemologia de Feyerabend, feitas por pesquisadores da área de educação científica. O Artigo 4 examinou a crítica dentro da moderna filosofia da ciência da defesa da relação intrínseca entre o empreendimento científico e o uso da razão, inclusive traçando paralelos entre o pensamento racionalista e o de defensores de uma religião. Partindo destas reflexões, o artigo indica a possibilidade de desmistificação da ciência, aproximando-a de estudantes que não demonstram, em princípio, predisposição em aprendê-la.

Figura 1 – mapa conceitual mostrando a unidade da pesquisa.



O Artigo 5 procurou explorar a coerência e complementaridade entre a epistemologia de Feyerabend e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Esta construção se mostrou necessária, de forma a evitar as debilidades apontadas na revisão bibliográfica, de ausência de articulação entre os aportes epistemológico e educacional, isso quando esses aportes existem. O Artigo 6 é uma sequência natural da pesquisa, que desenvolveu alternativas para uma formação inicial de professores, procurando viabilizar uma docência para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica.

As propostas levantadas no sexto artigo utilizam como recurso as discussões de episódios históricos da ciência sob o viés relativista, como

parte de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). No entanto, tais propostas necessitavam de material instrucional, o que foi desenvolvido nos próximos dois artigos.

O Artigo 7 se constitui em um texto sobre os dois julgamentos de Galileu a partir de uma interpretação de que no primeiro julgamento a lógica estava ao lado da Igreja e que, no segundo, ela poupou Galileu de acusações muito mais graves do que a sua defesa do sistema copernicano. Já o Artigo 8 buscou elaborar um texto (em consonância com os referenciais teóricos da pesquisa) sobre a insustentabilidade da versão empírico-indutivista que associa a gênese da teoria da relatividade restrita ao resultado negativo do experimento de Michelson-Morley.

Uma vez que a pesquisa já havia desenvolvido todos os objetivos teóricos, os dois próximos artigos da investigação procuraram levar tal construção para as salas de aula da formação de professores. O Artigo 9 pretendeu implementar e avaliar a experiência proposta para a formação continuada de professores e, o Artigo 10, por sua vez, na formação inicial de professores. Ambos os artigos foram estudos de casos do tipo etnográfico, e utilizaram a Teoria Fundamentada em sua análise. Dos estudos de caso emergiram oito achados que são as contribuições principais da pesquisa. No entanto, destes achados surgiram muitos problemas que permanecem em aberto para a área da educação científica, e uma solução para eles certamente demandará muitos anos de pesquisa pela comunidade.

Por fim, nas considerações finais da pesquisa, apresenta-se uma educação científica inserida dentro de uma escola que pode ser útil para a sociedade contemporânea. Tais reflexões são vislumbradas a partir das discussões e avanços da investigação. A seguir apresentam-se os principais resultados de cada etapa/artigo da pesquisa, bem como de que forma elas se articulam no âmbito dos objetivos e da unidade do trabalho.

11.2 REVISÃO DA LITERATURA

Em função dos três eixos da pesquisa – epistemológico, educacional e metodológico – julgou-se pertinente fazer uma revisão bibliográfica da literatura (Artigo 1) a fim de mapear como tais referenciais são tratados por pesquisadores na área da educação científica que fazem uma abordagem didática de história e filosofia da ciência. Para isso, fez-se um recorte na literatura analisando-se o período

compreendido entre 2005 e 2014. Ao todo, foram investigados 41 trabalhos, sendo oito teses e trinta e três dissertações.

O estudo teve como objetivos: identificar as referências epistemológicas e educacionais declaradas pelos autores, investigar as razões apresentadas pelos autores para o uso didático da história e filosofia da ciência e se, e como, os autores articulam os referenciais adotados com a abordagem na educação científica de história e filosofia da ciência.

A análise mostrou que, no que se refere ao referencial educacional, 63% não declararam seu embasamento. Em relação ao aporte epistemológico, 34% também não se referiram a sua fundamentação, e dentre os que fizeram, grande parte optou por Thomas Kuhn e uma base epistemológica que se opusesse ao indutivismo. As principais justificativas para defender o uso didático da história da ciência foram: possibilidade de discutir a natureza da ciência e a de tornar o aluno crítico. Por fim, apenas 27% dos trabalhos apresentaram uma articulação entre os aportes educacionais e epistemológicos declarados.

Os resultados encontrados trouxeram reflexões para a pesquisa como um todo, identificando, por exemplo, que tanto Feyerabend como Moreira-Postman são muito pouco abordados no recorte feito pela revisão. Também apontou que as debilidades elencadas por Moreira (2004; 2009) se fazem presentes em trabalhos de pesquisa em educação científica. Ainda, outro ponto importante é que as justificativas mais citadas para o uso didático de história da ciência carecem de um referencial educacional e epistemológico bem fundamentado, pois é preciso deixar claro o que se entende por aluno crítico e natureza da ciência ao fazer tais justificativas.

Logo, a revisão bibliográfica reforçou pressupostos, tais como a necessidade de pavimentar de maneira sólida o entendimento acerca da ciência e sua natureza por meio do desenvolvimento do eixo epistemológico da pesquisa; evitar as debilidades na investigação em educação científica ainda presentes em trabalhos de pós-graduação por meio de fazer apontamentos sobre a coerência entre os referenciais adotados e; por fim, justificar que tipo de educação científica se defende como útil para a sociedade contemporânea desenvolvendo o eixo educacional e metodológico e levando-o para a formação de professores.

11.3 EIXO EPISTEMOLÓGICO

Ao procurar analisar o referencial epistemológico pôde-se perceber que existiam muitas possíveis interfaces entre a epistemologia de Feyerabend e a educação científica. Apesar de a educação não ter sido o foco da atenção do epistemólogo, ele teceu inúmeras críticas à educação científica tradicional que, em sua visão, simplifica a ciência e congela grandes porções de seu processo histórico (FEYERABEND, 2007). Ao se explorar três possíveis áreas de interação entre as contribuições de Feyerabend na educação científica, construiu-se o eixo epistemológico da pesquisa: esclarecer questões polêmicas da filosofia da ciência de Feyerabend, tecer considerações sobre sua alcunha de “pior inimigo da ciência” e explorar seus argumentos de que a ciência racionalista se aproxima de uma abordagem secular de religião.

A primeira produziu o Artigo 2 que explorou o fato de que críticas à epistemologia de Feyerabend por pesquisadores da área de educação científica são infundadas. Ao se aprofundar nestas críticas, pode-se perceber que, com frequência, elas são oriundas de interpretações equivocadas da filosofia do autor, sendo Feyerabend criticado pelo que ele, na verdade, não defendia. Termos e expressões como anarquismo epistemológico, irracionalidade, controle da ciência e tudo vale são usualmente criticados com um entendimento de que eles são caóticos e insustentáveis. Então, esclareceu-se que o anarquismo epistemológico não leva ao caos na ciência, que a tese central da epistemologia de Feyerabend não é o vale tudo – princípio que ele jocosamente propôs como uma piada ao anseio racionalista por princípios universais – que a defesa da irracionalidade na ciência não descaracteriza o empreendimento científico e de que o relativismo consegue explicar o progresso da ciência, ao contrário do que afirmam muitos críticos.

Perscrutando a conexão destas questões com a educação científica, dentro do âmbito da formação inicial e continuada de professores, o artigo procurou evidenciar como esse assunto pode ser útil tanto para a desconstrução de certas imagens equivocadas sobre a natureza da ciência, como para gerar cidadãos mais críticos e em maior sintonia com conceitos da moderna filosofia da ciência. A intenção desta etapa da pesquisa não foi diminuir a rejeição a Feyerabend na educação científica, tampouco na investigação em ensino de ciências, mas evitar que as críticas à epistemologia de Feyerabend sejam uma caricatura repassada por interpretações equivocadas de sua filosofia da ciência.

A seguir, abordou-se outro ponto polêmico acerca da obra de Feyerabend e sua interface com a educação científica. Muitos artigos, ao tecerem críticas à epistemologia de Feyerabend, fazem alusão à alcunha

de “pior inimigo da ciência”. Então, investigou-se a origem de tal alcunha, concluindo-se que ela foi popularizada por autores de um artigo publicado na revista *Nature* em 1987 (THEOCHARIS e PSIMOPOULOS, 1987). Em sequência, o Artigo 3 averiguou quais os motivos alegados pelos autores para aferir a Feyerabend tal alcunha, e que tais críticas eram oriundas de uma defesa do monismo metodológico e da unidade da ciência. Também, pelas críticas ao entendimento que as observações estão embebidas de teorias, além de tecerem censura a flexibilidade do conceito de verdade científica e por sua defesa rigorosa de um método científico, associado à verificação experimental. Além de considerar que, a partir de uma adequação empírica as teorias científicas devem ser entendidas verdadeiras.

Na análise das críticas que levaram esses autores a cunharem o termo de “pior inimigo da ciência”, percebe-se que, especificamente em relação à epistemologia de Feyerabend, elas se enquadram no que o epistemólogo chamou de *incompetência profissionalizada* (FEYERABEND, 2011). Um exemplo é quando afirmam que o anarquismo epistemológico de Feyerabend levaria a um anarquismo social. No Artigo 3, procurou-se não apenas fazer os devidos contrapontos a essa ideia equivocada como também se vislumbrou muitas possíveis áreas de conexão entre esta discussão sobre a alcunha e a educação científica. Uma delas é a necessidade de o professor estar consciente de suas convicções epistemológicas, pois todo professor de ciência é também um professor de filosofia da ciência, estando ele consciente ou não (ARTHURY, 2010).

A apropriação do eixo epistemológico da pesquisa finalizou com o Artigo 4 que aborda uma afirmativa que Feyerabend dizia ser a declaração mais provocativa que se poderia fazer: dizer que a ciência é uma religião (FEYERABEND, 1998). O trabalho analisa, e critica, a relação intrínseca que muitos estudiosos fazem entre ciência e razão. Também, procura discutir como, de acordo com Feyerabend, muitos procedimentos que os racionalistas classificariam como irracionais, não só estão presentes na prática científica como foram fundamentais para que a ciência existisse, tal qual a conhecemos (FEYERABEND, 2010). Ainda, traz a abordagem de Feyerabend que associa a maneira de pensar de um racionalista a de um defensor fundamentalista de uma crença qualquer. Como, por exemplo, quando o racionalista afirma que a ciência é um padrão de excelência e seu conhecimento é mais confiável que o de outras tradições. Feyerabend identifica este argumento, que evoca que uma tradição é superior a outras, como válido tanto para os

pregadores de uma religião qualquer como para a defesa da superioridade científica pelos racionalistas.

A afinidade desta discussão com a educação científica mostrou-se bastante relevante ao se considerar que existe uma imagem estereotipada de que os cientistas são diferentes e buscam uma verdade absoluta. Tal imagem promove que alunos não se identifiquem com tal entendimento do empreendimento científico, considerando-se como incapazes de gostar e praticar ciência, que seria delegada apenas a pessoas “especiais”. Desconstruir esta imagem mítica de ciência, mostrando sua pluralidade e humanidade, pode criar laços dos estudantes com o empreendimento científico. E, principalmente, fazer com que a predisposição em aprender seja despertada – condição fundamental para que uma aprendizagem significativa seja construída.

O eixo epistemológico da pesquisa permitiu ter segurança na apropriação da obra de Feyerabend e das suas possíveis interfaces com a educação científica. Ao procurar desconstruir más interpretações de sua filosofia da ciência e da sua alcunha de “pior inimigo da ciência”, e também ao argumentar que, segundo o ponto de vista de Feyerabend, a ciência entendida pelos racionalistas se aproxima de uma crença religiosa, além de fazer paralelos destas discussões com a educação científica, pareceu ser bastante promissor o aporte epistemológico de Feyerabend para um ensino de ciência que possa ser útil na sociedade contemporânea. No entanto, o eixo epistemológico é apenas um dos três dentro de uma pesquisa em educação científica que não recaia nas debilidades apontadas por Moreira (2004; 2009). Logo, era preciso mostrar a coerência entre o aporte educacional e o epistemológico.

11.4 EIXO EDUCACIONAL

Para que a pesquisa tivesse fundamentos consistentes era necessário evidenciar que o ensino subversivo, a aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Feyerabend são coerentes. A primeira consideração feita foi que, segundo Postman (1994), um ensino subversivo em ciências só é possível por meio de uma abordagem que também incluía componentes históricos e filosóficos. No entanto, no Artigo 5 que descreveu esta fase da pesquisa, defende-se que nem toda abordagem de história e filosofia da ciência é necessária, ou mesmo compatível com um ensino subversivo. Ainda, visões racionalistas da ciência, ao defenderem a rigidez de conceitos como certeza e verdade, aproximam-se do que Postman e Weingartner (1978) chamaram de

conceitos fora de foco. O Artigo 5, então, procurou mostrar que a epistemologia de Feyerabend não só é coerente com um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica, como também é complementar à proposta da versão crítica da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Moreira (2005).

Para mostrar a coerência e complementaridade dos aportes adotados pela pesquisa, aprofundou-se nas obras originais de Postman que foram a principal influência para a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, percebendo-se um notável alinhamento entre as ideias do educador estadunidense com as do epistemólogo austríaco. A proposta de Postman para uma escola útil na sociedade contemporânea é aquela que subverte crenças, atitudes e pressupostos. Já a escolarização oriunda das ideias de Feyerabend propõe uma educação para uma sociedade livre, em que a educação geral prepare os cidadãos para escolher entre padrões, podendo assim, cada um, achar seu caminho em uma sociedade que contém grupos comprometidos com vários princípios. Mas sem, no entanto, subjugar-se de modo a se conformar com os padrões particulares.

Postman, Moreira e Feyerabend defendem formar pessoas que tenham consciência que suas ideias mais queridas podem não ser tão sólidas, além de entenderem que outros pontos de vista podem ser proveitosos. Na visão destes autores, uma escola útil na contemporaneidade é aquela na qual os estudantes não devem se subjugar de forma a se conformem com padrões particulares. O Artigo 5 faz uma construção da coerência de todos os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica com a epistemologia de Feyerabend e conclui, ao final, que a visão relativista de Feyerabend se apresenta como alternativa epistemológica para criar um ambiente em que se possa construir uma aprendizagem significativa crítica, ao contrário das visões racionalistas de ciência.

Esta fase da pesquisa, ainda, além de mostrar a coerência entre os aportes contribuiu para evidenciar que a epistemologia de Feyerabend é complementar à Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Tal complementaridade preenche, ao menos parcialmente, a lacuna da teoria que o próprio autor reconhece: sem um currículo, os princípios da aprendizagem significativa crítica não podem ser postos em prática. Logo, procurou-se mostrar que uma abordagem de história da ciência, sob o viés relativista de Feyerabend, pode oferecer um currículo para a construção de uma aprendizagem significativa crítica na escola por meio de um ensino subversivo.

Toda esta construção da articulação, entre os aportes educacional e epistemológico, foi fundamental para o estudo como um todo. Na sequência da pesquisa foi preciso construir a parte metodológica, levando-a para a formação de professores e, ainda, garantir que o eixo metodológico fosse coerente com os outros eixos do estudo. Para tanto, optou-se pela metodologia das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), propostas por Moreira (2011), que foram planejadas dentro da perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, e, portanto, coerente com os eixos educacional e epistemológico. Neste ponto da pesquisa, era preciso fazer uma proposta concreta de como levar um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica para a formação de professores. Além de produzir todo o material instrucional necessário e, ainda, propor maneiras pelas quais a proposta chegasse efetivamente à sala de aula.

11.5 EIXO METODOLÓGICO

O Artigo 6 apresentou a proposta para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica por meio de discussão de episódios históricos da ciência, para tanto, fez-se uso da metodologia das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas e dos materiais instrucionais produzidos no decorrer da pesquisa. Tal proposta tinha dois pontos relevantes: construir possíveis estratégias para uma mudança na visão epistemológica corrente dos professores de ciência assim como viabilizar que essas alterações pudessem influenciar a sua prática docente. Nesse contexto, propôs-se uma formação de professores na qual fosse possível construir um ambiente de ensino subversivo para possibilitar uma aprendizagem significativa crítica e, ainda, explicitar como a história e filosofia da ciência são fundamentais neste contexto.

Para viabilizar tal cenário na formação de professores, foram organizados cursos planejados de acordo com UEPS, que são sequências didáticas orientadas pela Teoria da Aprendizagem Significativa. As UEPS foram usadas na pesquisa visando contribuir para alterar as opiniões problemáticas sobre o conhecimento científico, principalmente as concepções empírico-indutivistas dos docentes em formação, com a discussão de episódios históricos da ciência dentro de uma perspectiva relativística. Além disto, durante o curso os próprios professores em formação construíram as suas UEPS visando levar as discussões para a educação básica. Desta forma, possibilita-se instrumentalizá-los para abordar tais questões em sua prática docente.

Todos os onze princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (Moreira, 2005) pautaram a proposta de UEPS para a formação de professores. Sempre iniciando com dinâmica de grupo para procurar levantar as concepções prévias dos professores em formação. As UEPS foram planejadas para resultar em aprendizagem significativa *sobre* e *de* ciência envolvidas nos episódios explorados. Para tanto, procura-se fomentar as duas condições que Ausubel et al. (1980) preconizam, a saber: material potencialmente significativo e predisposição para aprender.

A abordagem relativística de história e filosofia da ciência, no entanto, esbarra em uma das dificuldades apontadas por Postman (1994) para um ensino subversivo: a falta de materiais instrucionais. Para suprir esta lacuna, iniciou-se um processo de desenvolvimento de textos didáticos que abordam episódios históricos da ciência com um viés epistemologicamente relativístico. Ainda, os textos, apontam como tais ideias podem impactar a educação científica. Os episódios escolhidos para serem discutidos envolvem dois dos maiores ícones da física: Galileu Galileu e Albert Einstein.

O primeiro deles, o Artigo 7 chamado *A defesa do Copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu?*, procura discutir, sob o viés relativístico de Feyerabend, aspectos relacionados aos julgamentos de Galileu no século XVII. Para tanto, além do aporte da própria epistemologia do autor austríaco, valeu-se dos estudos do historiador da ciência italiano Pietro Redondi (1991). O texto apresenta inicialmente o contexto dos julgamentos de Galileu, retratando brevemente o cenário da Reforma e Contrarreforma. Também traz questões relevantes, para entender os julgamentos, acerca do Concílio de Trento, principalmente em aspectos relacionados à transubstanciação da Eucaristia – que adotava o tomismo como aporte filosófico.

Em relação ao primeiro julgamento, de 1616, descreve-se o episódio como um conflito de tradições. Analisam-se as atitudes do cardeal Berllarmino (responsável pela condenação de Bruno à fogueira e pelo julgamento de Galileu em 1616). No artigo, argumenta-se que a lógica e a razão estavam ao lado da Igreja neste episódio, e não com Galileu. De acordo com este ponto de vista, após receber as denúncias contra Galileu, Berllarmino instaurou uma comissão para dar pareceres acerca da doutrina copernicana. O primeiro ponto do parecer dizia respeito a análise filosófica, e considerava o copernicanismo como insensato e absurdo em sua filosofia. Tal conclusão, não faz alusão alguma a argumentos teológicos. Cabe ressaltar que muitos estudiosos contemporâneos endossavam a análise da pouca sustentabilidade do

sistema copernicano, como Tycho Brahe. Mesmo Galileu reconheceu, em seu *Dialogo*, que as vantagens do sistema copernicano não eram claras em relação a seus rivais. Na análise desenvolvida conclui-se que se os cientistas modernos estivessem na situação do comitê da Igreja em 1616, seus pareceres provavelmente seriam muito semelhantes aos dos especialistas convocados por Bellarmino. Ou seja, a lógica estava do lado de Berllarmino e não do lado de Galileu (DUHEM, 1963).

A abordagem do segundo julgamento de Galileu inicia com os conflitos entre ele e os jesuítas, que oferecem denúncias ao estudioso italiano que foram aceitas e culminaram no julgamento de 1633. No entanto, o teor das denúncias não se tornou pública, e apenas uma comissão nomeada pelo papa (aliado e defensor de Galileu) soube de seu conteúdo. Da comissão, surgiram instruções rígidas, no sentido de que o tribunal deveria julgar Galileu por desobediência, além de determinar que o corpo de delito fosse o *Dialogo*. No entanto, Pietro Redondi encontrou documentos que permitem interpretar de maneira diferente este episódio. Segundo o entendimento deste renomado historiador, as acusações feitas pelos jesuítas eram muito mais graves e foram abafadas pelo papa para proteger Galileu. Os documentos, que sustentam a tese de Redondi, referem-se à denúncia como tendo corpo de delito *Il Saggiatore*, e a acusação era a defesa do atomismo – filosofia incompatível com o dogma da transubstanciação da Eucaristia. Neste último caso, tratava-se de heresia doutrinal, muito mais grave na época que a inquisitorial, que foi a acusação oferecida a Galileu pelo comitê instituído pelo papa.

Ao final, o artigo propõe uma UEPS com o objetivo discutir os episódios históricos envolvendo os julgamentos de Galileu sob um viés relativista durante a educação científica, procurando fomentar um ambiente de ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica. Para tanto, como parte da diversidade de material instrucional (um dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica), o artigo teve um papel fundamental.

O segundo texto, o Artigo 8 intitulado *Afinal, Einstein usou ou não dados experimentais para propor sua relatividade restrita? – com a palavra, ele mesmo*, sustenta a inconsistência da visão empírico-indutivista no surgimento da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, além de fazer comentários explícitos de uma análise epistemológica usando como aporte a filosofia de Feyerabend. O texto utiliza referências do próprio Einstein: seu artigo original de 1905, entrevistas, falas públicas, sua autobiografia, além de textos de divulgação de suas teorias. A questão explorada é que muitos textos, de divulgação

científica e didáticos, por exemplo, colocam a proposta da relatividade restrita de Einstein como uma resposta aos resultados negativos de Michelson-Morley ao tentar detectar o éter, o que reforçaria o caráter empírico-indutivista da ciência.

Apesar de trazer um ponto de vista contrário à relevância dos experimentos de Michelson-Morley na gênese da relatividade restrita, o texto não deixa de reconhecer a pertinência do trabalho de Michelson e descreve o contexto em que estava inserido além de sua importância neste cenário. No entanto, ao analisar o artigo original de 1905, percebe-se que Einstein teve várias oportunidades de citar o experimento, caso ele tivesse sido relevante para a elaboração da sua Teoria da Relatividade Restrita, como mostra a análise de Holton (1969). Além de que, quando Einstein foi questionado a respeito por diversas vezes sempre negou tal ligação genética entre sua teoria e os resultados negativos de Michelson-Morley. Ao final, conclui-se, com a sustentação da epistemologia de Feyerabend, de que pode haver muitas maneiras de fazer ciência e contribuir com o conhecimento científico.

Com os textos que narram os dois episódios históricos à luz da epistemologia de Feyerabend, conclui-se a parte teórica da pesquisa. Nesta trajetória, desenvolveu-se toda a fundamentação epistemológica, articulando-a com as fundamentações educacional e metodológica, propôs-se uma metodologia para levar a proposta à formação de professores e produziu-se material instrucional. A sequência natural foi implementar a proposta e avaliar seus impactos. Para tanto, desenvolveu-se dois estudos de casos do tipo etnográficos, um na formação inicial de professores e outro na formação continuada.

11.6 ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso do tipo etnográfico ocorreram durante o ano de 2016, no Instituto Federal de Santa Catarina, campus Araranguá, dentro de uma turma de formação continuada da Especialização em Educação Científica e Tecnológica (Artigo 9) e de uma de formação inicial do curso de Licenciatura em Física (Artigo 10). Ao todo, envolveu-se mais de duas dezenas de professores em formação, a maioria já atuando em sala de aula. Ambos os estudos tiveram como objetivo investigar as atitudes dos professores em formação quando inseridos no contexto de um ensino planejado para ser subversivo e visando uma aprendizagem significativa crítica. As questões pertinentes aos estudos envolveram as opiniões sobre o conhecimento científico e o

processo ensino-aprendizagem dos professores em formação, bem como as formas pelas quais tais opiniões impactam no planejamento de sua prática docente na educação básica.

A opção pela pesquisa qualitativa foi por este tipo de investigação procurar entender uma realidade social particular, não almejando princípios universais (ERICKSON, 1986). Ainda, ela permite observar, participar, refletir e estudar a realidade social da formação de professores. A opção pela etnografia se justifica por lidar com coletivos, não indivíduos. Ela inicia com a observação *in loco* e tem como objetivo conduzir dados descritivos das atividades, concepções e contextos dentro de um cenário educativo (GOETZ e LECOMPTE, 1988). Com base nos dados obtidos, a partir de registro de diários de campo, coleta de documentação, grupos focais, entrevistas e outros meios; cabe ao pesquisador o processo de análise.

O estudo se valeu da Teoria Fundamentada (STRAUSS e COBIN, 2009); ela enseja o tratamento dos dados sistematicamente reunidos proporcionando a sua análise. O pesquisador, mesmo que tenha suas convicções teóricas, cria condições para que os achados surjam a partir da sua interpretação dos dados. O processo analítico percorreu a descrição detalhada de cada encontro da implementação, os materiais disponibilizados, atividades realizadas e o diário de bordo do pesquisador. A análise deste material visou investigar se houve ou não um ambiente subversivo pautado nos princípios da aprendizagem significativa crítica. Também contou com grupos focais e entrevistas individuais para saber as opiniões dos professores acerca da natureza da ciência e do processo de ensino-aprendizagem, além de averiguar possíveis, e desejáveis, indícios de aprendizagem significativa crítica.

Em relação à questão sobre se o curso realmente foi capaz de construir um ambiente subversivo pautado nos princípios da aprendizagem significativa crítica, a análise encontrou fortes indícios de que esses objetivos foram alcançados. O grupo focal e as entrevistas individuais trouxeram importantes dados analisados dentro de quatro variáveis de investigação: (i) necessidade de se repensar o ensino tradicional na sociedade contemporânea; (ii) a opinião acerca da aprendizagem significativa crítica; (iii) a impressão sobre a utilidade das UEPS e; (iv) sobre sua utilização.

A análise cruzada dos dados, tanto os que surgiram do cotidiano em sala de aula, como das entrevistas, bem como dos grupos focais, tornou possível identificar os principais achados da pesquisa. A partir da imensa quantidade de dados brutos nos estudos de caso realizados, eles foram recortados, organizados e categorizados. O que se procurou foi

obter a essência do impacto nos professores em formação de terem contato com ambientes subversivos para uma aprendizagem significativa crítica. A partir destas atividades surgiram os principais achados dos estudos de caso do tipo etnográfico:

- a) Uma proposta de ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica é possível dentro da formação continuada de professores;
- b) A maior parte dos professores em formação dentro de uma proposta de ensino subversivo percebe que a escola atual com seu ensino tradicional perdeu o sentido e a utilidade na sociedade contemporânea;
- c) A proposta de um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica é bem recebida por professores em formação;
- d) Quando inseridos dentro de uma proposta subversiva, professores em formação constroem o entendimento de que não existe uma versão única e correta de história da ciência, que cada narração depende de uma filosofia da ciência que subjaz a ela;
- e) A necessidade de se utilizar história e filosofia da ciência para desconstruir os conceitos de verdades e certeza é vislumbrada positivamente por professores em formação dentro da perspectiva subversiva;
- f) A metodologia dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica dentro de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa é bem vista pelos professores em formação e as unidades são entendidas como um possível aporte metodológico para uma educação mais coerente com a sociedade contemporânea;
- g) Dentre os empecilhos para implementar um ensino subversivo vislumbrados pelos professores, um deles é metodológico: dificuldade de despertar a predisposição em aprender;
- h) Outros dois empecilhos são de natureza política: falta de tempo para preparar uma unidade de ensino potencialmente significativa dentro da proposta subversiva devido a alta carga horária a que os professores de escolas públicas são submetidos e a obrigatoriedade de se cumprir uma ementa extensa.

Os achados dos estudos de caso foram importantes. Eles indicam diversos avanços visando propiciar um ensino subversivo objetivando uma aprendizagem significativa crítica. No entanto, tão importantes

quanto os avanços da pesquisa foram as questões e desafios que surgiram a partir dela. Esses desafios fogem do escopo da área da educação científica, pois são de origem política e social. O principal desafio que se mostrou a partir dos achados do estudo foi o de como os professores podem se articular para exigir condições de trabalho que permitam que pratiquem sua docência de acordo com sua formação, pois mesmo que entendam que a escola útil na sociedade contemporânea é a alinhada a um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica, questões de cunho sociais e políticas podem não permitir que os professores exerçam sua docência de acordo com estes pontos de vista.

11.7 PARA QUE ENSINAR CIÊNCIA NO SÉCULO XXI?

Como reflexão final da pesquisa, procura-se formalizar as possíveis respostas para as questões que pautaram toda a pesquisa: *Como a educação científica, dentro da perspectiva de um ensino subversivo, pode auxiliar na formação de um cidadão preparado para enfrentar uma sociedade caracterizada por mudanças rápidas e drásticas? Que aspectos históricos, filosóficos e conceituais devem constar em uma situação de educação científica dirigida a professores em formação para que eles fomentem um ambiente na educação científica onde a aprendizagem significativa crítica possa ser construída?*

Neste sentido, primeiramente é importante salientar que, quando se trata de educação científica parece haver, pelo menos, dois questionamentos distintos. O primeiro é quase sempre supervalorizado; trata-se da questão da engenharia da educação, ou seja, das maneiras de ensinar ciência, dos métodos, dos equipamentos didáticos, etc. Não é preciso uma extensa revisão bibliográfica para perceber que grande parte dos pesquisadores da área se ocupa da questão de engenharia. O foco é produzir conhecimento para dizer ao professor como fazer seu trabalho, como ensinar ciência, além, é claro, do que ensinar de ciência.

Apesar da supervalorização da questão da engenharia da educação, a pesquisa aqui apresentada traz outra preocupação, que se pode chamar de questão metafísica: Para que ensinar ciência? Qual o papel do professor da área de educação científica? Deve ser um técnico que usufrui de métodos e equipamentos, ou vai mais além? A questão pode parecer inquietante, pois se questionado a outros profissionais qual o papel deles, não terão muita dificuldade para responder. Então, por

que os profissionais da educação científica têm tanta dificuldade para responder esta questão fundamental?

O professor que se considera um profissional exclusivamente com o papel de ensinar conteúdos parece minimizar sua função. Além disso, parece estar desconectado do atual cenário de nossa sociedade, no qual mudanças rápidas e drásticas ocorrem constantemente. O professor que se enxerga como um transmissor de conhecimento olha para o passado, e deve permanecer lá. O professor de ciência que enxerga como principal papel ensinar leis, equações, resoluções de problemas etc., parece nunca ter se perguntado sobre o porquê ensinar tais conteúdos, para que serve aprendê-los.

Na sociedade atual, apenas uma aprendizagem significativa sobre algum conhecimento específico não parece ser mais útil, e o docente que não reconhecer isso pode perder a importância e estar desconectado com o mundo em que vive. O professor profícuo para a sociedade contemporânea deve olhar para o presente e para o futuro. Neste cenário, o principal papel da escola deixa de ser o de ensinar conteúdos específicos de maneira significativa, mas sim o de ensinar conteúdos de tal maneira que gerem atitudes perante a sociedade em que vivemos, de como lidar e como não ser subjugado por ela. Em tempos de mudanças drásticas e rápidas, desconstruir a rigidez de conceitos como certeza, verdade, de dicotomias, de entidades isoladas, de causalidade simples e autoridade parece ser uma função bastante importante para a escola, e por consequência, do docente. Ou seja, como fazer parte de uma cultura, mas não ser subjugado por ela – a sociedade atual precisa que a escola fomente uma aprendizagem significativa crítica.

Neste contexto, a educação científica parece ser fundamental. Normalmente, a ciência é ensinada como um produto acabado, certo e não aberto à contestação. Muitos educadores, e pesquisadores da área de educação científica, parecem incentivar que a ciência deva mesmo ser ensinada como um padrão de excelência, essencialmente mais confiável que outras tradições. No entanto, conforme mostrou o eixo epistemológico da pesquisa, para Feyerabend, este entendimento da ciência como padrão de excelência é fruto de um mito, de que tudo que o público entende como ciência provém de uma fonte única, ou seja, é oriundo da percepção da ciência como uma unidade praticada da mesma maneira – por meio de um método científico universal e confiável para produzir conhecimento.

Logo, a educação científica pode auxiliar na formação de um cidadão contemporâneo desconstruindo a visão de ciência como

produtora de verdades, certezas e fonte de conhecimento preciso. A contribuição da educação científica para formar um cidadão capaz de não ser subjugado pela sociedade contemporânea é de abordar os conteúdos de ciência, mas também sobre ciência, para que os estudantes sejam capazes de compreender e até fazerem parte do empreendimento científico. A ciência é uma das áreas que mais pode contribuir para uma escola útil para o século XXI, pois desconstruir a imagem mítica de ciência implica em desconstruir a própria ideia de verdades absolutas e certezas finais.

Outro ponto em que a educação científica pode contribuir para formar cidadãos do século XXI é na valorização da diversidade cultural. Ao apresentar o empreendimento científico, não como entidade isolada, mas como contribuindo e recebendo contribuição de outras tradições, percebe-se que todas as formas de conhecimento devem ser valorizadas, para o bem da própria ciência sob o risco de se fechar nela mesma e se tornar uma crença metafísica. Ainda, ao se desconstruir o mito da ciência isolada de outras tradições, entende-se que a própria ciência não é a única fonte de conhecimento confiável, e não cabe a ela, sozinha, as decisões que irão impactar em toda a sociedade. Desta forma, a educação científica pode propiciar um ambiente em que a ciência não é vista como um padrão de excelência a ser obedecido cegamente pela sociedade. Um cidadão educado a não ser subjugado por qualquer um que se coloca como autoridade tem o direito de valorizar outras formas de conhecimento, além da científica, para resolver seus problemas.

As inferências anteriores se referem ao que foi chamado de questão metafísica da educação: para que ensinar. Uma vez tendo sido desenvolvidas algumas considerações a respeito desta questão, a pesquisa desta tese se concentrou na questão de engenharia: como levar a educação científica pensada como útil para sala de aula, ou seja, quais aspectos os professores deveriam abordar para construir uma educação científica tal qual entendida como útil no século XXI?

A sugestão que foi implementada e avaliada, colhendo bons resultados, foi a de uma educação científica *de* e *sobre* ciência, por meio de um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica. Defendeu-se, que tal abordagem poderia ser possível discutindo episódios históricos embebidos por considerações epistemológicas explícitas, a fim de desconstruir o entendimento de que há verdades e certezas incontestáveis. Ainda, que tais episódios necessitem de um aporte epistemológico para serem narrados e que a epistemologia de Feyerabend é não apenas coerente, mas complementar à proposta de um ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica.

O objetivo geral da pesquisa, articular um aporte epistemológico da ciência com o ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica para abordar episódios históricos durante a formação de professores, parece ter sido alcançado. No entanto, tão importante quanto os avanços da pesquisa foram às novas questões que ela levantou. Tais conclusões implicam que a área de pesquisa em educação científica tem muitos desafios para serem encarados. Grande parte desses desafios não tem soluções simples, elas demandarão muitos anos de pesquisas e muitos profissionais que se dediquem a eles. Por fim, a educação científica tem enormes potencialidades ainda inexploradas para a formação de cidadãos para não serem subjugados no século XXI.

Referências bibliográficas

- ARANHA, M. L. A. **História da educação**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 1996.
- ARTHURY, L.H.M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. 133 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
- AUSUBEL, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- DUHEM, P. **To save the phenomena, an essay on the idea of physics theory from Plato to Galileo**. Chicago: University of Chicago Press, 1963.
- ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching**. In: M.C. Wittrock (Ed), Handbook of research on teaching. New York: Macmillan, 1986.
- FRONZA, K. R. K. **Repercussões sociais decorrentes do avanço científico e tecnológico: manifestações curriculares resultantes da intervenção docente**. 455 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

FEYERABEND, P. K. **How to Defend Society against Science.**

Introductory Readings in the Philosophy of Science - 3rd Edition.

Klemke, H. et.al. (Eds.): p. 54-65, 1998.

FEYERABEND, P. K. **Contra o método.** São Paulo: Editora UNESP, 2007.

FEYERABEND, P. K. **Adeus à razão.** São Paulo: Editora UNESP, 2010.

FEYERABEND, P. K. **A ciência para uma sociedade livre.** São Paulo: Editora UNESP, 2011.

FEYNMAN, R. **The character of physical law.** Cambridge: MIT Press, 1967.

GOETZ, J.P. e LECOMPTE, M.D. **Etnografía y diseño cualitativo em investigación educativa.** Madrid: Ediciones Morata, 1988.

HOLTON, G. Einstein, Michelson, and the ‘crucial’ experiment. *Isis*, v. 60, n. 2, p. 132-197, 1969.

MOREIRA, M.A. A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 3, n. 1, p. 10-17, 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** Porto Alegre: Ed. do autor, 2005.

MOREIRA, M.A. Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências.** Porto Alegre: IF-UFRGS, 2009.

MOREIRA, M.A. Unidades de enseñanza potencialmente significativos – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Textos de apoio ao professor de Física**, v. 24, n. 3, 2013.

PENA, F.L.A. Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 293-295, 2004.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Contestação – nova fórmula de ensino**. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1978.

POSTMAN, N. **Tecnopólio – a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

REDONDI, P. **Galileu herético**. São Paulo: Companhia das Letras, 1991.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. Porto Alegre: ARTMED, 2009.

THEOCHARIS, T.; PSIMOPOULOS, M. Where science has gone wrong. **Nature**, v. 329, n. 6140, p. 595-598, 1987.