



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**

Fábio Luís Alves Pena

Concepções sobre a Natureza da Ciência: a trajetória de estudantes da disciplina Evolução dos Conceitos da Física ministrada na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Salvador

2015

Fábio Luís Alves Pena

Concepções sobre a Natureza da Ciência: a trajetória de estudantes da disciplina Evolução dos Conceitos da Física ministrada na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências - PPEFHC, Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Elder Sales Teixeira

Banca examinadora: Profa. Dra. Andreia Maria Pereira de Oliveira (UFBA); Prof. Dr. José Fernando Moura Rocha (UFBA); Prof. Dr. Júlio Vasconcelos (UEFS); Profa. Dra. Katemari Diogo Rosa (UFCG).

Salvador

2015

Agradecimentos

Ao meu pai Lélío (*in memoriam*) e à minha mãe Marilene.

Ao meu filho Rodrigo.

À minha esposa Vânia.

Às minhas irmãs Mônica e Patrícia.

A Elder Sales Teixeira.

A Olival Freire Jr.

A Aurino Ribeiro Filho (*in memoriam*).

A Luiz Orlando de Quadro Peduzzi.

À banca de qualificação constituída por José Fernando Moura Rocha, Katemari Diogo Rosa, Andreia Maria Pereira de Oliveira e Júlio Vasconcelos.

Aos estudantes da disciplina Evolução dos Conceitos da Física da UFSC, 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012.

A Jonei Cerqueira Barbosa.

À Amanda Amantes Neiva Ribeiro.

À Cláudia de Alencar Serra e Sepúlveda.

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD (CAPES).

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA-UEFS).

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/CFM-UFSC.

Ao IFBA, Campus Simões Filho.

Resumo

Apresento aqui um estudo de caso sobre a trajetória de estudantes da disciplina Evolução dos Conceitos da Física (ECF), turno noturno, ministrada no 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012, do curso de graduação em física da Universidade Federal de Santa Catarina, quanto às suas concepções acerca da Natureza da Ciência (NdC). A pesquisa também tem o objetivo de investigar a influência do professor da disciplina nas referidas concepções. Isso é diferente do que geralmente é encontrado na literatura especializada em Ensino de Ciências, onde os estudos que buscam investigar as possíveis mudanças que uma disciplina sobre História e Filosofia da Ciência consegue promover, por influência do uso da abordagem histórico-filosófica, nas concepções dos estudantes sobre a NdC, normalmente utilizam um pré-teste aplicado no início da disciplina e um pós-teste aplicado no final dessa. Isso, por si só, limita os resultados desses estudos, uma vez que as respostas dos estudantes podem oferecer apenas indícios sobre suas concepções sobre a NdC por serem dados que focam apenas o produto final ou a comparação entre pré e pós-testes, e não a valorização do processo vivenciado. Os dados para a investigação foram obtidos a partir da observação sistemática das aulas, gravadas em áudio e vídeo, transcritas para um protocolo e depois analisadas. Um diário de campo também foi utilizado para o registro dos dados. Para tanto, foram tomados os devidos cuidados éticos, dentre eles, o uso do termo de consentimento livre e esclarecido e a preservação da identidade dos estudantes. Durante a investigação, o professor da disciplina conduziu o curso e o autor da presente tese coletou os dados como observador. As concepções dos estudantes sobre a NdC foram identificadas e analisadas tendo como parâmetro a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor. A análise das falas dos participantes revela a influência direta do professor (experiência, estratégias de ensino, método de avaliação e material didático por ele produzido) nas concepções dos estudantes sobre a NdC ao longo do processo vivenciado na disciplina, isto é, o professor consegue promover mudanças nas concepções dos estudantes sobre a NdC, segundo a visão de ciência por ele defendida/problematizada. Os resultados também mostram que as pesquisas empíricas analisadas são orientadas pela visão de consenso sobre a NdC. O que, conforme Irzik e Nola (2011), distancia-se de uma melhor compreensão sobre a NdC para os futuros profissionais em física, uma vez que não faz referência direta à investigação pela qual o conhecimento científico é produzido (coletar, classificar e analisar dados, experimentar, fazer inferências...), tampouco menção direta aos objetivos e valores, às metodologias e regras metodológicas, e aos produtos/resultados da ciência. Apesar de existir um consenso entre pesquisadores brasileiros em Ensino de Física no que se refere à importância da discussão sobre a NdC nesse ensino e sua caracterização, a literatura da área não confirma tal consenso no que diz respeito à caracterização e há recomendações claras da necessidade de mais pesquisas sobre o uso da abordagem histórico-filosófica no contexto de sala de aula - e, por consequência, de mais artigos relatando tais pesquisas - para melhor avaliar essa abordagem no ensino de ciências e na formação de professores.

Palavras-chave: Evolução dos Conceitos da Física. Concepções sobre a Natureza da Ciência. Futuros profissionais em física.

Abstract

It is presented here a study of case about the trajectory of students on the discipline Evolution of the Concept of Physics (ECP), night course given in the first academic semester in 2012 in physics graduation course of the Federal University of Santa Catarina, with regard about conceptions related to Nature of Science (NoS). This research also aims in investigating the teacher's influence on the discipline in these conceptions. This is different from what is usually found in the specialized literature in Science Teaching, where studies that aim to investigate the possible changes that a discipline on History and Philosophy of Science can promote in the students conception about the NoS by the influence of historic-philosophical approach, normally use pre-tests, applied in the beginning of the discipline, and a post-test, applied in the end of it. This, by itself, limits the result of these studies once the students answers can offer only clues about their conceptions about NoS because the data focuses only the final product or the comparison between pre and post-tests and does not value the experienced process. The data to the investigation were obtained through the systematic observation of classes, recorded in audio and video, transcribed to the protocol and then analyzed. A field diary was also used to register data. For that, ethic cares were taken, among them, the usage of the term of consent and the preservation of students identity. During the investigation the teacher of the discipline conducted the classes and the author of the present thesis collected data as observer. The students conceptions about NoS were identified and analyzed having the vision of science defended/problematised by the teacher as a parameter. The analysis of the participants speech reveals the teacher direct influence (experience, teaching strategy, evaluation method and didactic materials produced by himself) in students conceptions about NoS throughout the experienced process on the discipline, this is, the teacher can promote changes in the students conception about the NoS, according to the vision of science defended/problematised by him/her. The results also show that the analyzed empirical researches are guided by the consensual vision about the NoS. What, according to Irzik and Nola (2011), is distant from better comprehension about Nature of Science, for future professionals in Physics, once it does not make direct reference to scientific investigation through what the scientific knowledge is produced (collect, classify and analyze, experiment, do inferences...) neither it direct mentions the objectives and values, the methodologies and methodological rules, and the products/results of science. Although there is a consensus among brazilian researchers in physics teaching with regard to the importance of discussion of the NoS in teaching and its characterization, the literature of the area does not confirm such a consensus with regard to the characterization and there is clear recommendation for more research on the usage of historical-philosophical approach in the classroom context - and, consequently, for more articles reporting such researches - to better evaluate this approach in science teaching and teacher education.

Keywords: Evolution of the Concepts of Physics. Conceptions about the Nature of Science. Future professionals in physics.

Lista de abreviaturas e siglas

CFM - UFSC	Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da UFSC
ECF	Evolução dos Conceitos da Física
EaD	Ensino à Distância
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
FC	Filosofia da Ciência
HC	História da Ciência
IEF	Instituições de Ensino Superior
NdC	Natureza da Ciência
PEF	Pesquisa em Ensino de Física
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

Sumário

Introdução	09
A relevância do tema NdC na formação dos futuros profissionais em física	10
Por que um estudo de caso na disciplina ECF da UFSC?	13
A disciplina ECF do curso de graduação em física da UFSC	15
Os capítulos da tese	19
Capítulo 1 - Estudos empíricos com foco no uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física no Brasil	22
1.1 Desenho de pesquisa dos estudos empíricos	29
1.2 Visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos	31
Capítulo 2 - Desenho da pesquisa	36
2.1 Quais os objetivos da pesquisa?	37
2.2 Qual tipo de dado (ação) é preciso para cumprir tais objetivos?	37
2.3 Quais os procedimentos/técnicas de coleta de dados e os Instrumentos de registro adequados?	38
2.4 Quais os instrumentos de coleta de dados?	39
2.5 Como fazer a análise e discussão dos resultados?	45
2.6 Quais as questões éticas envolvidas na pesquisa?	47
2.7 Qual o formato do relatório final da pesquisa	48
Capítulo 3 - Concepções sobre a NdC: a trajetória dos estudantes da disciplina ECF da UFSC, semestre 2012.1	49
3.1 O contexto	50
3.2 Conteúdos discutidos nas aulas	53
3.3 Concepções sobre a NdC discutidas nas aulas	55
3.4 Aspectos relativos à NdC contidos nas resenhas	57
3.5 Sobre a trajetória dos estudantes quanto às suas concepções sobre a NdC	62
3.5.1 Trajetórias individuais dos estudantes	74
3.6 A influência do professor nas concepções dos estudantes sobre a NdC	118
3.6.1 Perfil do professor	119
3.6.2 A influência do professor	120

Conclusão	123
Referências	125
Apêndices	131
Apêndice A - Tabela 1A: Estudos empíricos relatados nos artigos encontrados (sujeito(s) e objetivo/questão de pesquisa)	132
Apêndice B - Tabela 1B: Estudos empíricos relatados nos artigos encontrados –método de pesquisa, procedimentos/instrumentos de coleta dos dados (incluindo o(s) critério(s) de validade e fidedignidade dos instrumentos de coleta), posição do(s) autor(es) do artigo na condução da pesquisa, procedimentos/instrumentos de análise dos dados e o(s) critério(s) de validade e/ou de fidedignidade dos resultados)	134
Apêndice C - Tabela 2: Visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos com foco no uso da HFC em disciplinas da graduação em física no Brasil, relatados nos artigos encontrados	137
Apêndice D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	139
Apêndice E - Tabela 3: Dados pessoais e acadêmicos dos estudantes inscritos na disciplina ECF da UFSC (semestre 2012.1)	140
Apêndice F - Mapa de episódio 08	143
Apêndice G - Recortes das aulas da disciplina ECF da UFSC, semestre 2012.1	151
Apêndice H - Entrevista cedida e validada pelo professor da disciplina ECF da UFSC (semestre 2012.1)	208

Introdução

Na pesquisa de mestrado (PENA, 2008) identifiquei - a partir da análise de relatos de experiências pedagógicas publicados em periódicos nacionais especializados em Ensino de Física até 2006 - as linhas temáticas de pesquisa em Ensino de Física que até então tinham atraído o interesse de pesquisadores e/ou professores dessa área no Brasil, e examinei as dificuldades assinaladas pelos mesmos para levar as informações respaldadas por tal pesquisa para a prática pedagógica.

Nesse trabalho, com base na análise de entrevistas realizadas com pesquisadores em Ensino de Física, egressos, até 2006, do Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – PPGEFHC (Universidade Federal da Bahia - UFBA, Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS), buscou-se também investigar a perspectiva desses pesquisadores quanto ao uso de seus resultados de pesquisa em sala de aula e a influência na sua prática pedagógica, bem como o acesso à Pesquisa em Ensino de Física (PEF) na formação inicial.

Os resultados dessa pesquisa acadêmica indicaram que os fatores inerentes à formação inicial e continuada do professor de física são os principais desafios para a incorporação de resultados da PEF na sala de aula, o que suscita ações em nível de graduação e pós-graduação para superar tais entraves.

A pesquisa de doutorado aqui relatada procura analisar a trajetória de estudantes da disciplina Evolução dos Conceitos da Física (ECF) - ministrada no curso de graduação em física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), modalidade presencial, ao longo do 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012, quanto às suas concepções sobre a Natureza da Ciência - NdC (objetivo primário) — e investigar a influência do professor da disciplina sobre essa trajetória (objetivo secundário).

A presente investigação fundamenta-se na seguinte questão/problema de pesquisa: qual a influência de uma disciplina¹ de natureza histórica na formação de futuros profissionais em física no que diz respeito às suas concepções sobre a NdC?

¹Professor, material didático e contexto de sala de aula.

A relevância do tema NdC na formação dos futuros profissionais em física

Segundo Ferreira e Martins (2012), a expressão Natureza da Ciência (NdC), geralmente, é usada por pesquisadores para se referir a questões, tais como: o que a ciência é, como funciona, como os cientistas atuam como grupo social, como a sociedade influencia e reage aos empreendimentos científicos etc.

Na literatura educacional (a exemplo de FERREIRA; MARTINS, 2012; FORATO et al., 2012) existem recomendações consideradas pertinentes para o uso da HFC na educação visando à discussão, em geral, dos seguintes aspectos da NdC:

- *compreensão da ciência como elemento cultural;*
- *sucesso no aprendizado de conteúdos da ciência;*
- *satisfação dos estudantes ao aprender sobre NdC;*
- *defesa de que sua presença humaniza o ensino de ciências;*
- *compreensão das normas da comunidade científica;*
- *compreensão do significado, produção, correlações, possibilidades e limitações do conhecimento;*
- *problematização da visão exclusivamente empírico-indutivista da construção da ciência;*
- *possibilidade de conhecimento metodológico, permitindo refletir sobre as relações e diferenças entre observação e hipóteses, leis, explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica;*
- *compreensão da ciência como construção humana e sua relação com outros campos do conhecimento, incluindo as diversas manifestações artísticas;*
- *manipulação e entendimento da tecnologia, entre outros.*

Conforme Massoni e Moreira (2012), a literatura na área de pesquisa em Ensino de Ciências que tem foco na Epistemologia e também na História da Ciência apresenta uma riqueza de trabalhos sobre distintos aspectos associados com a NdC:

A - Propostas e argumentações que objetivam promover discussões sobre a NdC, tanto nos cursos de formação de professores quanto nas aulas do Ensino Médio como forma de melhorar e contextualizar historicamente o ensino e tornar os conceitos de física mais acessíveis;

B - Estudos que visam identificar as concepções epistemológicas de estudantes e de professores de ciências e propõem estratégias para transformá-las;

C - Pesquisas acerca da importância de se ensinar os conteúdos da física falando também sobre a física e assim estimular a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos.

No que concerne aos resultados de pesquisa relativos ao item B, os professores de ciências (GIL-PÉREZ et al., 2001) e os futuros profissionais em física apresentam concepções indesejáveis sobre a NdC (MOREIRA et al. 2007; MASSONI; MOREIRA, 2007; FERREIRA; MARTINS, 2012) tendo em vista as discussões atuais em educação em ciências e em epistemologia da ciência, seja por desconhecimento ou por resistência (CORDEIRO; PEDUZZI, 2012).

De acordo com Oliveira e Silva (2002), a inclusão da História da Ciência (HC) vem sendo recomendada como um recurso para o ensino e aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da ciência. Essa discussão, segundo Ferreira e Martins (2012), é bastante limitada, quer seja na formação dos licenciandos, quer seja dos bacharelados das áreas científicas, tanto no exterior como no Brasil.

Observa-se que existem recomendações da literatura na área de Pesquisa em Ensino de Ciências para a inserção de questões sobre a NdC, seus procedimentos, desafios e limitações de modo a levar os estudantes a refletirem sobre o processo de construção do conhecimento científico (VITAL; GUERRA, 2014), bem como consenso entre pesquisadores brasileiros em Ensino de Física no que se refere à importância da discussão sobre a NdC nesse ensino (VILAS BOAS et al., 2013). Apesar disso, discussões desse tipo ainda são bastante incipientes na sala de aula (PEDUZZI et al., 2012).

Nesse contexto, a formação dos professores é assinalada como o principal obstáculo a ser enfrentado para a transposição da HFC para a sala de aula (LEDERMAN, 1992, 1999; MATTHEWS, 1998, KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005; HÖTTECKE; SILVA, 2011; FORATO et al., 2012).

A depender da universidade, disciplinas de natureza similar – que visam o estudo dos conceitos de física a partir de uma abordagem apoiada na História e Filosofia da Física² – podem ter nomes, objetivos, cargas horárias e pré-requisitos diferentes, podem ser ministradas em etapas distintas de um curso de física e, na

²Na presente tese não há distinção entre: Abordagem histórico-conceitual numa perspectiva epistemológica; abordagem histórico-filosófica; Abordagem contextualizada histórico e filosoficamente; e abordagem apoiada na História e Filosofia da Física.

maioria dos cursos de graduação em física no Brasil, podem ser a única disciplina que compulsoriamente faz uso da abordagem histórico-filosófica (TENFEN, 2011; PEREIRA; MARTINS, 2011).

A pesquisa realizada por Pereira e Martins (2011) cita algumas universidades que contemplam disciplinas de natureza histórica e filosófica no currículo de cursos noturnos de licenciatura em física. O trabalho de Tenfen (2011) destaca os aspectos que ilustram a relevância da HC no ensino de física, apresenta os critérios utilizados para a seleção das Instituições de Ensino Superior (IES) e faz uma síntese das informações referentes às disciplinas de caráter histórico-epistemológico na formação em física das IES federais (ementa, carga horária e categorias classificatórias) complementada por breves considerações sobre o tema.

Os planos de curso dessas disciplinas e a ênfase em cada um deles podem variar bastante conforme as circunstâncias; as principais variáveis são a especialidade e os interesses dos responsáveis pela disciplina, isso pode acontecer, de acordo com a análise de Prado (1989), dentro de um mesmo programa de uma disciplina de natureza história e filosófica (a exemplo da USP, o mais antigo entre as universidades brasileiras) e entre diferentes programas. Isso implicará no interesse dos estudantes pela HFC e na sua visão sobre a NdC.

O curso de Evolução da Física ministrado na UFBA, por exemplo, é oferecido aos estudantes do curso de física e de filosofia. Trata-se de uma disciplina obrigatória para os licenciandos em física do curso noturno e optativa para os estudantes do curso de filosofia e para os bacharelados e licenciandos em física do curso diurno, carga horária de 51 horas por semestre (ROSA; MARTINS, 2007), que, em síntese, tem o objetivo de proporcionar ao estudante uma visão crítica acerca das origens e evolução das ideias da física.

A disciplina História e Epistemologia da Física, do currículo de licenciatura em física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por sua vez, é obrigatória, possui carga horária total de 64 horas, tem como objetivo proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico através do estudo da História e da Epistemologia da Física, assim como buscar as implicações dessas ideias para o ensino de física (MOREIRA et al., 2007).

Já a disciplina ECF da UFSC é cursada obrigatoriamente pelos estudantes na última fase/período do curso de graduação em física - licenciatura (noturno) na 9ª fase, bacharelado (diurno) na 8ª fase e licenciatura à distância no 10º período - da estrutura curricular do curso, tem carga horária de 72 horas-aula semestrais na modalidade presencial (bacharelado e licenciatura) e 80 horas-aula semestrais no curso de licenciatura à distância.

Apesar das disciplinas sobre evolução ou história da física e afins serem tradicionalmente contempladas na estrutura curricular dos cursos de graduação em física de diversas universidades brasileiras, existem poucos estudos (em condições de sala de aula), ao longo de uma disciplina de natureza histórica, com uma perspectiva epistemológica, envolvendo concepções de estudantes sobre a NdC e avaliando a influência de elementos dessas disciplinas (professor, material didático e contexto de sala de aula) na formação de futuros profissionais em física (PENA, 2010; TEIXEIRA et. al, 2012a; 2012b). Motivo considerado relevante para um estudo de caso na disciplina ECF.

Na literatura nacional em Educação também são poucos os estudos sobre a trajetória de estudantes, ao longo de uma disciplina, quanto às suas concepções acerca de um assunto ou conceito específico, entretanto, muitas são as pesquisas sobre a trajetória profissional, de vida, acadêmica, histórica de cursos/disciplinas, social, escolar, pessoal, de formação, de estudo etc.

Por que um estudo de caso na disciplina ECF da UFSC?

Existem razões consideradas pertinentes para a escolha do curso sobre ECF ministrado na UFSC. Uma é de natureza prática, uma vez que existia, até o 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012, um intercâmbio científico entre o PPGEFHC (UFBA, UEFS) e o Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/CFM-UFSC, por intermédio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Isso permitiu a minha ida a Florianópolis - SC para acompanhar a disciplina ECF durante um (1) semestre acadêmico, bem como a ida do professor da disciplina

ECF (Departamento de Física e Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/CFM-UFSC) ao PPGEFHC para ministrar cursos³.

Tal intercâmbio científico também possibilitou-me conhecer os estudantes da disciplina ECF (1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012) e, de perto, o trabalho do professor à frente da disciplina (dinâmica das aulas, textos, materiais/recursos didáticos produzidos, ambiente virtual de aprendizagem, relação com os estudantes etc) e do grupo de pesquisa que lidera (projetos de pesquisa, orientandos e/ou integrantes do grupo, reuniões e apresentação de seminários⁴).

As outras razões para a escolha da disciplina ECF da UFSC foram:

- *o professor da disciplina ECF é um pesquisador com ampla experiência e extensa produção⁵ sobre o uso didático da HFC e que há muitos anos⁶ ministra a disciplina ECF na UFSC;*
- *a disciplina (professor, material didático e contexto de sala de aula) ainda não teve sua experiência devidamente investigada, conforme aponta a revisão da literatura realizada por Pena e Freire Jr (2003) e por Teixeira et al. (2012b);*
- *nessa disciplina discute-se a origem e o desenvolvimento de conceitos físicos (abordagem histórico-conceitual) numa perspectiva epistemológica (aspectos relativos à NdC a partir de episódios da história da física);*
- *nos últimos anos a disciplina, além de objeto de ensino - do qual resultaram textos que orientam as discussões em sala de aula⁷, o sistema de apoio aos cursos presenciais da disciplina, vídeo-aulas, animações e um site⁸ - tornou-se objeto de pesquisa. No 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2011, por exemplo, foram concluídas duas dissertações de mestrado (TENFEN, 2011; CORDEIRO, 2011) com intervenções didáticas realizadas na disciplina ECF. Em 2012, deu-se início a uma pesquisa de doutorado com essa perspectiva e a uma pesquisa de mestrado referente à abordagem histórica e experimental da eletricidade, cuja pesquisadora, e também orientanda do professor da disciplina ECF, frequentou diversas aulas ministradas no 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012, inclusive apresentando o seminário intitulado “Abordagem histórica e experimental da eletricidade: o eletroscópio” (apêndice G, aula 24, página 196);*
- *há a obrigatoriedade tanto dos licenciandos (modalidades EaD e presencial) quanto dos bacharelados em cursar a disciplina ECF, fator determinante para uma possível*

³FISB44 -Tópicos Especiais: Reflexões sobre um curso de “Evolução da Física” (semestre - 2010-2; carga horária – 17h; crédito 1) e FISB96 - Tópicos especiais: Ação a distância e espaço absoluto: aspectos conceituais e epistemológicos da física newtoniana (semestre - 2012-1; carga horária – 17h; crédito 01).

⁴Participei das reuniões e dos seminários organizados pelo grupo, inclusive apresentando dois seminários: o anteprojeto da presente tese e o trabalho intitulado ‘Critérios para avaliar a qualidade dos livros de física com enfoque na abordagem histórico-filosófica’.

⁵ Artigos, capítulos de livros e livros publicados/organizados.

⁶Professor da disciplina ECF há quase 10 anos (informação extraída da entrevista concedida pelo professor no ano de 2012, apêndice H, página 208).

⁷Os textos discutidos na sala de aula são oriundos de estudos produzidos pelo professor, de pesquisas realizadas por seus orientandos e de artigos do professor em coautoria com seus orientandos e com outros pesquisadores.

⁸<http://evolucaodosconceitos.wix.com/historia-da-ciencia>

análise comparativa entre as concepções sobre a NdC de estudantes que seguirão carreiras distintas;

➤ *a disciplina é ministrada na última fase dos cursos de graduação em física, visto que no último período desses cursos os estudantes já possuem um histórico de vivência sobre a NdC e a disciplina ECF é o único espaço dedicado especificamente a HC nos cursos de graduação em física da UFSC⁹. Parafraseando Massoni e Moreira (2007), os estudantes em fase final do curso já estudaram todas as disciplinas de Física Básica, tiveram oportunidade de conviver, durante alguns anos, na vida acadêmica do curso de física, quer tendo acesso aos laboratórios, quer através de bolsas de iniciação científica ou simplesmente assistindo aulas, palestras e seminários, nas mais diversas áreas de pesquisa em física.*

Portanto, a investigação na disciplina ECF ministrada no curso de graduação em física, modalidade presencial (código: FSC 5602), do Departamento de Física do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da UFSC, configura-se como um estudo de caso singular/representativo, com múltiplas questões de pesquisa que demandam diferentes procedimentos de coleta de dados.

Vale ressaltar que a presente pesquisa não é um estudo de caso etnográfico, pois não procurei fazer uma descrição interpretativa detalhada, e por longo tempo, das práticas, dos comportamentos, das falas e das ações dos estudantes e do professor da disciplina. Em outras palavras, não busquei compreender essa cultura (MASSONI; MOREIRA, 2007, 2012), mas sim analisar a trajetória dos estudantes da disciplina ECF da UFSC (modalidade presencial), semestre 2012.1, no que diz respeito especificamente às suas concepções sobre a NdC, e investigar a influência do professor nessa trajetória.

A disciplina ECF do curso de graduação em física da UFSC

Na organização curricular dos cursos de graduação em física da UFSC, modalidade presencial, consta que a disciplina ECF tem como pré-requisito a disciplina Estrutura da Matéria II (código: FSC 5539)¹⁰, já no curso de licenciatura à distância não há pré-requisito devido à natureza desse curso.

ECF é a única disciplina obrigatória que compulsoriamente apresenta os conteúdos de física por meio de uma abordagem histórico-conceitual (sobre a

⁹Também há, desde de 2012, a disciplina 'Ensino e História da Física (código: FSC 5516). Uma disciplina de formação continuada/complementar para a licenciatura e optativa para o bacharelado, baseada em discussões sobre como a história da física - orientada pela filosofia da ciência contemporânea e pelo uso das TICs - pode ser articulada com o ensino de física.

¹⁰(<http://cagr.sistemas.ufsc.br/relatorios/curriculoCurso?curso=225>). O professor informou que a disciplina Estrutura da Matéria I (código: FSC5506) é o pré-requisito para ECF (apêndice H, página 208).

origem e desenvolvimento dos conceitos físicos) numa perspectiva epistemológica (no sentido de procurar formar uma visão “adequada” sobre a NdC) com o devido fundamento histórico (CORDEIRO; PEDUZZI, 2012).

A seguir os objetivos da disciplina apresentados na versão preliminar do Projeto Político Pedagógico (PPP) do curso de licenciatura em física (modalidade presencial), no plano de ensino divulgado pelo professor e na ementa publicada no portal do Departamento de Física da UFSC.

Na versão do PPP¹¹ da UFSC publicada em dezembro de 2002, seção organização curricular (conteúdos curriculares de natureza científico-cultural), ECF aparece como uma disciplina de caráter histórico-epistemológico, que tem como objetivo analisar a Física como parte da cultura.

No plano de ensino da disciplina ECF, o professor informa que as discussões a serem realizadas no decorrer dessa disciplina têm por objetivo principal contextualizar histórica e socialmente a evolução das teorias físicas e propiciar elementos que permitam aos estudantes uma compreensão epistemológica do desenvolvimento dessas teorias, bem como um melhor entendimento conceitual dos tópicos abordados.

A ementa da disciplina ECF tem como objetivo apresentar uma análise histórica e epistemológica dos desenvolvimentos conceituais das teorias físicas, desde os gregos até o nosso século, e tópicos sobre as relações ciência e sociedade.

O programa/conteúdo programático da disciplina ECF está organizado da seguinte forma:

1.0 - A Evolução da Cosmologia e da Mecânica

1.1 - Cosmologia na Grécia Antiga;

1.2 - A astronomia ptolomaica;

1.3 - A Astronomia e a Mecânica na idade média;

1.4 - A inovação copernicana;

1.5 - As contribuições de Brahe, Kepler, Galileu e Descartes;

1.6 - A síntese newtoniana e a visão de natureza;

1.7 - As críticas à mecânica newtoniana: de Berkeley a Mach;

1.8 - As teorias da relatividade e cosmologia moderna.

¹¹<http://portal.fsc.ufsc.br/>

2.0 - A Evolução das ideias sobre Luz, Eletricidade e Magnetismo.

2.1 - Teorias sobre luz e visão: de Platão a Descartes;

2.2 - Os modelos corpuscular e ondulatório para a luz;

2.3 - A eletricidade como fluido;

2.4 - Os campos elétrico e magnético;

2.5 - A luz como onda eletromagnética;

2.6 - O efeito fotoelétrico e a dualidade onda-corpúsculo.

3.0 - A Evolução das ideias sobre calor e constituição da matéria.

3.1 - O calor como fluido;

3.2 - Calor, Termodinâmica e conservação da energia;

3.3 - A teoria cinética da matéria e a Mecânica Estatística;

3.4 - A estrutura dos átomos e a Física Quântica.

A metodologia/estratégia de ensino utilizada pelo professor, no 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012, passeia por exposições dialógicas/participativas com base na leitura pré-selecionada e prévia dos livros de textos; por artigos; *slides*; seminários (apresentados pelos estudantes, professor e convidados)¹²; pelo uso de simulações computacionais e realização de experimentos/demonstrações nos seminários; atividades didáticas; e por animações e/ou vídeo-aulas relacionados aos temas discutidos em sala de aula e episódios da história da física.

Dentre os recursos/materiais didáticos¹³, os estudantes contam com o livro de textos intitulado “Evolução dos Conceitos da Física” e com materiais complementares (referências, animações, simulações computacionais, mapas conceituais, plano de ensino, avisos, vídeos, artigos etc) disponibilizados no sistema de apoio aos cursos presenciais¹⁴. Ainda assim foi cedida aos estudantes uma cópia do DVD desenvolvido para a disciplina ECF do curso de licenciatura em física à distância da UFSC.

No DVD “Hipermissão: Evolução dos Conceitos da Física” há o livro de textos “Evolução dos Conceitos da Física”, cinco animações e cinco vídeo-aulas.

A disciplina ECF estrutura-se, basicamente, segundo cinco livros, que abordam um amplo espectro de conceitos e teorias da Física, suas gêneses e seus

¹²Os seminários representaram 36 das 64 horas-aula ministradas no primeiro semestre acadêmico do ano letivo de 2012.

¹³A disciplina também dispõe de um site <http://evolucaodosconceitos.wix.com/historia-da-ciencia>, com textos, livros, artigos, dissertações/teses, mídias, módulos de ensino acerca da HC e Ensino de Física, bem como informações sobre o grupo de pesquisa liderado pelo professor.

¹⁴<https://moodle.ufsc.br/>

desenvolvimentos, do nascimento da ciência, com os gregos do século VI a.C., à física dos quarks.

O livro de textos está dividido em 7 capítulos: o primeiro, “Sobre a História e o Ensino da Física”, o sétimo (último capítulo), “Sobre continuidades e descontinuidades no conhecimento científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana”, e os capítulos 2 a 6 que descrevem os conteúdos abordados em cinco livros de textos. A saber:

- *Capítulo 2 - Força e movimento: de Thales a Galileu: 2.1 De Thales a Ptolomeu; 2.2. A física aristotélica; 2.3. A física da força impressa e do impetus; 2.4. As novas concepções do mundo; 2.5. Galileu e a teoria copernicana; 2.6. A física de Galileu; 2.7. As leis de Kepler do movimento planetário;*
- *Capítulo 3 - Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana: 3.1. Sobre René Descartes; 3.2. Sobre Isaac Newton; 3.3. A física e a cosmologia cartesianas; 3.4. A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física; 3.5. A gravitação newtoniana; 3.6. Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação;*
- *Capítulo 4 - Do átomo grego ao átomo de Bohr: 4.1. Do átomo grego ao átomo de Dalton; 4.2. Sobre o atomismo do século dezenove; 4.3. A espectroscopia, o elétron, os raios X e a radioatividade: prelúdio a uma nova física; 4.4. O quantum de radiação; 4.5. O átomo de Bohr;*
- *Capítulo 5 - A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica: 5.1. Sobre o referencial absoluto newtoniano; 5.2. O princípio da relatividade de Galileu; 5.3. Sobre a luz; 5.4. Da síntese de Maxwell à experiência de Michelson e Morley; 5.5. Prelúdio à relatividade: Poincaré e Einstein; 5.6. A teoria da relatividade especial; 5.7. Sobre a relatividade geral; 5.8. Considerações epistemológicas sobre a relatividade einsteiniana;*
- *Capítulo 6 - Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...: 6.1. Da formulação teórica à identificação do pósitron; 6.2. Da transmutação à fissão nuclear; 6.3. Novas forças e partículas na física; 6.4. A proliferação hadrônica e novas leis (regras) de conservação, e 6.5. Sobre os quarks de Gell-Mann, Nambu...*

As cinco animações em *flash*¹⁵ correspondem aos capítulos 2 a 6 do livro de textos e as vídeo-aulas referem-se aos seguintes temas:

- a) *A aprendizagem significativa e a elaboração de mapas conceituais;*
- b) *Imagens “deformadas” do trabalho científico;*
- c) *Transposição didática;*
- d) *A relatividade einsteiniana: uma abordagem epistemológica;*
- e) *Einstein: uma biografia.*

No tocante à avaliação de ensino-aprendizagem no semestre 2012.1, o professor da disciplina ECF levou três aspectos em consideração:

¹⁵Plataforma multimídia utilizada para o desenvolvimento de aplicações que contenham animações, áudio e vídeo.

1. A participação dos estudantes nas discussões em sala de aula (demonstração de leitura e compreensão dos textos da disciplina);
2. Os seminários ministrados pelos estudantes (em dupla ou em trio), relativos aos tópicos tratados nos livros de textos da disciplina (*“Força e movimento: de Thales a Galileu”*; *“Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana”*; *“Do átomo grego ao átomo de Bohr”*; *“A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”*; *“Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...”*).

Esses seminários foram avaliados segundo os critérios:

- domínio do tema;
 - preocupação com a clareza e a forma de apresentação (criatividade, inserção de materiais suplementares ao texto designado, demonstrações experimentais etc.);
 - disponibilidade dos slides da apresentação para os demais colegas (plataforma ‘moodle’);
 - uso de recursos da mídia eletrônica (imagens, animações, trechos de vídeos etc.);
 - cooperação entre os apresentadores (coesão e dinâmica/interação entre os membros do grupo);
 - menção as imagens “deformadas” da ciência (GIL PÉREZ et al, 2001), no sentido de contra exemplificá-las.
3. Trabalho escrito (individual)¹⁶: análise crítica (resenha) do livro de textos *“Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...”* e da animação correspondente a esse texto para fins de elaboração de uma proposta detalhada e fundamentada envolvendo a articulação entre esses dois materiais¹⁷.

Os capítulos da tese

Por se tratar de uma investigação acerca da trajetória de estudantes de uma disciplina sobre ECF, no que se refere às suas concepções sobre a NdC, primeiramente, foi realizada uma revisão da literatura na qual busquei artigos sobre relatos de estudos empíricos com foco no uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física no Brasil, publicados nos principais periódicos brasileiros de pesquisa em Ensino de Ciências e em Ensino de Física, do ano de início de cada periódico até o ano de 2014 (capítulo 1), cuja análise foi realizada segundo:

- a) o objetivo, os sujeitos de pesquisa, método, procedimentos de coleta e análise dos dados, posição do(s) autor(es) na condução da pesquisa e os critérios de validade e fidedignidade dos instrumentos de coleta e dos resultados obtidos dos estudos empíricos relatados nos artigos encontrados;
- b) a visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos.

¹⁶O professor permitiu que o trabalho pudesse ser feito em dupla devido ao elevado número de avaliações que os estudantes realizariam até o final daquele semestre.

¹⁷O objetivo está descrito na entrevista cedida e validada pelo professor da disciplina (apêndice H, página 208).

Norteados pela revisão da literatura descrita no capítulo 1 e pelos objetivos primário e secundário do estudo de caso objeto da pesquisa, no capítulo 2 descrevo as características do desenho de pesquisa desta tese (o tipo de dado ou ação para cumprir tais objetivos; os instrumentos de coleta e registro; a ferramenta e os instrumentos de análise dos dados; os critérios de validade e fidedignidade dos instrumentos e dos resultados obtidos; as questões éticas envolvidas na pesquisa; e o formato escolhido para o relatório final).

No capítulo 3 trato do estudo de caso sobre a trajetória dos estudantes da turma observada ao longo do 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012, turno noturno, composta por 19 estudantes inscritos, no que se refere às suas concepções acerca da NdC. Esse estudo compreendeu um total de 64 horas-aula de observação (duração de 50 minutos cada hora-aula). Nesse capítulo também discuto a influência do professor da disciplina ECF, e do material didático por ele produzido, nas concepções dos estudantes.

Na conclusão, são explanadas as observações finais (considerações, recomendações, contribuições, questionamentos e perspectivas) sobre a presente tese.

No que segue, é apresentada a síntese do desenho da pesquisa (capítulo 2) com base nas categorias tentativas sugeridas por GRECA et al. (2002) e nas questões que nortearam os aspectos metodológicos:

- *Sujeito(s) de pesquisa/objeto(s) de estudo: professor universitário; estudantes (licenciandos e bacharelandos em física) da disciplina ECF ministrada no curso de graduação em física da UFSC, 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012; e textos (análise de documentos escritos);*
- *Temática(s) da pesquisa: ensino (metodologias didáticas, novas tecnologias e análise de textos científicos); concepções de estudantes e de professores de física; currículo (análise curricular e HFC); formação de futuros profissionais em física;*
- *Problema/questão de pesquisa: qual a influência de uma disciplina de natureza histórica (professor, material didático e contexto de sala de aula) na formação de futuros profissionais em física no que diz respeito às suas concepções sobre a NdC?*
- *Objetivos da pesquisa: analisar a trajetória dos estudantes da disciplina ECF, do curso de graduação em física ministrado na UFSC, modalidade presencial, ao longo do primeiro semestre acadêmico do ano letivo de 2012, quanto às suas concepções sobre a NdC (objetivo primário), bem como investigar a influência do professor da disciplina sobre essa trajetória (objetivo secundário);*
- *Fundamentação teórica/quadro teórico/referencial a partir do qual foi formulado o problema: (TEIXEIRA et al., 2001, 2009, 2010; PEDUZZI, 2003; MASSONI; MOREIRA, 2007; MOREIRA et al., 2007; GATTI et al., 2010; PEREIRA; MARTINS, 2011; ARTHURY; PEDUZZI, 2013);*

- *Método de pesquisa: abordagem qualitativa (análise qualitativa, análise documental e estudo de caso);*
- *Procedimentos/técnicas de coleta: observação (principal); entrevista, documentos escritos e recursos 'on line' (complementares);*
- *Instrumentos de registro dos dados: gravador de áudio, câmera de vídeo e diário de campo;*
- *Instrumentos de coleta: questionário, roteiro da entrevista e da observação das aulas;*
- *Procedimentos/técnicas de análise: análise de conteúdo;*
- *Instrumentos/ferramentas de análise: mapas de episódio;*
- *Critérios de validade e de fidedignidade dos instrumentos: instrumentos de coleta previamente validados e aplicados em contextos similares ao do presente estudo de caso;*
- *Critérios de validade e de fidedignidade dos resultados: variedade e triangulação dos procedimentos/técnicas de coleta e discussão dos resultados com os pares (encontros e seminários de pesquisa);*
- *Questões éticas envolvidas na pesquisa: privacidade e consentimento informado dos sujeitos de pesquisa e garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados e da reciprocidade com tais sujeitos;*
- *Formato do relatório: monográfico (convencional).*

Capítulo 1 - Estudos empíricos com foco no uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física no Brasil

Aqui realizo uma revisão da literatura na qual busquei artigos sobre relatos de estudos empíricos com foco no uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física no Brasil, publicados nos principais periódicos brasileiros de pesquisa em Ensino de Ciências e em Ensino de Física, do ano de início de cada periódico até o ano de 2014, cuja análise foi realizada segundo o desenho de pesquisa e a visão sobre a NdC que orienta esses estudos empíricos.

A contribuição que a HFC tem a dar para o ensino de ciências, bem como para a formação de professores e pesquisadores dessa área, vem despertando um crescente interesse da comunidade brasileira de pesquisadores em Ensino de Física.

Um reflexo desse interesse já podia ser observado nos volumes 5 (1988) e 6 (1989) do então Caderno Catarinense de Ensino de Física. Neles foram divulgadas, na forma de artigos, as palestras apresentadas no I e no II ciclos de seminários sobre HC e Ensino de Física, realizados em Florianópolis nos anos de 1987 e 1988 (PEDUZZI et al., 1990).

Em um dos artigos, Prado (1989) reforça tal interesse e destaca que naquela época já eram conhecidos diversos textos, tanto estrangeiros quanto nacionais, que recorreram a essa abordagem, ora como recurso didático, ora como método de trabalhar o conteúdo específico. “A título de exemplo, citamos o Curso de Física do Projeto Harvard e a obra de P. Lucie, respectivamente. Há ainda diversos textos, com inserções esporádicas, notadamente para o ensino de 2º grau” (PRADO, 1989).

Com base na literatura especializada em Ensino de Física, parece que o Projeto *Harvard*, que nem chegou a ser efetivamente introduzido no Brasil, contribuiu para o maior conhecimento e inserção da abordagem contextual no ensino de física no país, seja influenciando projetos curriculares nacionais para esse ensino (a exemplo do Projeto Brasileiro para o Ensino de Física – PBEF) ou contribuindo para a formação continuada de nossos professores secundários e universitários (PENA, 2012).

Conforme Prado (1989), não há dúvida quanto à relevância do papel que a HFC tem para a educação científica - “O VI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Niterói, RJ, 21 a 25 de janeiro de 1985, foi particularmente rico em cursos, mesas-redondas, discussões e propostas nessa direção” - as questões principais encontravam-se no como implementar currículos e programas, em que nível o fazer, na inexistência de quadros suficientemente preparados etc.

Tenfen (2011) estabelece um reconhecimento inicial da situação de presença ou ausência de disciplinas de cunho histórico e/ou epistemológico na formação de licenciandos e bacharelados em física, modalidade presencial. Tal estudo é complementado por breves considerações sobre o tema com base nos critérios que orientaram a seleção de 19 Instituições de Ensino Superior (IES) federais, geograficamente distribuídas, que possuem disciplinas de cunho histórico e/ou epistemológico no currículo do curso de física, e a partir de categorias classificatórios¹⁸.

A inclusão da HFC nos currículos escolares era prioridade apontada pelos eventos nacionais e internacionais sobre ensino de física realizados nos quatro primeiros anos da década de noventa do século XX (CARVALHO; VANNUCHI, 1996), que sinalizavam a assimetria entre a significativa incidência de proposições defendendo o uso da HFC no ensino de ciências e o pequeno número de experiências de sala de aula com essa abordagem.

De acordo com Guerra et al. (2004), não há originalidade em se defender o uso da HFC no ensino como uma maneira para se discutir a ciência, pois vários pesquisadores brasileiros e estrangeiros têm investigado o tema apontando alguns caminhos e, em alguns países, a recomendação dessa abordagem encontra-se nas propostas curriculares nacionais. No Brasil, faz-se presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN, mas ainda assim é pequeno o número experiências sobre o uso didático da HC no ensino de física após a implantação de tais parâmetros (PENA; RIBEIRO FILHO, 2009).

¹⁸Informações referentes ao credenciamento das Instituições de Ensino Superior (IES) do Brasil junto ao MEC e aos dados disponibilizados nas páginas eletrônicas das IES no que diz respeito às disciplinas de caráter histórico-epistemológico na formação em física das IES federais: ementa, carga horária e categorias classificatórias - a) disciplinas que contemplam a história da física, mas sem articulação com a filosofia da ciência; b) disciplinas que são referentes à história da física, com ênfase na articulação histórico-epistemológica; e c) disciplinas cujas ementas apontam para estudos da filosofia da ciência desvinculados da história, ou que sugerem a utilização da HC de forma meramente ilustrativa.

Mesmo com a crescente adesão que a abordagem histórico-filosófica tem recebido, bem como a consciência crescente de educadores em ciência acerca de contribuições relevantes da HFC no âmbito da educação em ciências, Freire Jr (2002) adverte que não se deve obscurecer a existência de desafios contemporâneos que devem ser enfrentados pelos educadores interessados nas contribuições da História e da Filosofia para Educação em Ciência, entre os desafios está a dissonância existente entre proposições e práticas com essa abordagem, que segundo a literatura recente, ainda persiste.

Teixeira et al. (2012a) relataram, após um cuidadoso processo de seleção e exclusão de estudos – compilados a partir de uma variedade de bancos de dados – publicados nos principais periódicos de língua inglesa, entre 1940 e 2008¹⁹, que somente 11 estudos tratavam de investigar a aplicação didática da HFC nas aulas de Física nos diferentes níveis. Desses, 9 foram considerados de alta qualidade de acordo com os critérios estabelecidos pelos autores. Os resultados desse trabalho também mostram a ocorrência de efeitos positivos do uso didático da HFC no aprendizado de conceitos de física, apesar de não existir consenso sobre isso, assim como indicam a falta de concordância sobre a ocorrência de mudança conceitual.

Teixeira et al. (2012b) também realizaram uma análise similar com os trabalhos publicados nas principais revistas brasileiras de pesquisa em Ensino de Ciências e em Ensino de Física e numa importante revista espanhola, desde a década de 80 do século XX até meados do ano de 2011, onde relatam que apenas 14 estudos tratavam de investigar a aplicação didática de HFC nas aulas de física, sendo 13 artigos publicados em revistas brasileiras e 1 na revista espanhola. Resultado reforçado por Oliveira e Silva (2012).

Essas pesquisadoras assinalam que entre os anos 2000 e 2009, os eventos de ensino de física (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF e Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF) tiveram a presença de 125 trabalhos envolvendo a abordagem histórico-filosófica (área temática: Filosofia, História e Sociologia da Ciência e Ensino de Física), porém, apenas 26 trabalhos completos com intervenções práticas.

De acordo com Teixeira et al. (2012b), a área de pesquisa em questão deve estar alerta para a necessidade de que sejam feitos maiores esforços para

¹⁹Período no qual foram encontrados artigos sobre o uso didático da HFC no ensino de física.

realização de intervenções didáticas com uso de HFC no ensino de ciências e que tais intervenções sejam objetos de investigação.

O presente capítulo, porém, não busca discutir, a fundo, as razões para o baixo índice de artigos sobre pesquisas empíricas acerca do uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física no Brasil - mas sim analisar as características do desenho de pesquisa dos estudos empíricos relatados nos artigos encontrados e a visão sobre a NdC que orienta tais estudos.

Para essa investigação adotei a análise documental, isto é, análise de relatos de experiências concretas de sala de aula publicados em periódicos brasileiros de pesquisa em Ensino de Ciências e em Ensino de Física.

O levantamento dos artigos foi realizado a partir da busca exaustiva - desde o ano de início de cada periódico até o ano de 2014, número a número de cada edição - aos artigos publicados (versão *online*), na Revista Brasileira de Ensino de Física (1979 -2014), Ciência & Educação (1995 - 2014), Investigações em Ensino de Ciências (1996 - 2014), Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências (1999 - 2014); Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (2001 - 2014) e no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (1984 - 2014).

A Revista Brasileira de Ensino de Física (publicação da Sociedade Brasileira de Física - SBF) é o nome dado, em 1992, a antiga Revista de Ensino de Física fundada em 1979, e que se tornou um dos grandes veículos de divulgação e de publicação de trabalhos científicos e didáticos relativos ao Ensino de Física, até então, não havia uma revista brasileira especializada nessa área (PENA; FREIRE JR, 2003). Nos anos oitenta do século passado, mais especificamente, em 1984, surgiu o Caderno Catarinense de Ensino de Física (publicação do Departamento de Física da UFSC), que em 2002, passou a ser denominado Caderno Brasileiro de Ensino de Física tornando-se também um dos grandes divulgadores e referência para a PEF.

Mais tarde, a partir da década de noventa do século XX, surgiram a Revista Ciência & Educação (publicação do Curso de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, UNESP-Bauru), 1995; Revista Investigações em Ensino de Ciências (editada com o apoio do Instituto de Física da UFRGS), 1996; Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências (publicação do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da UFMG), 1999; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em

Ciências (publicação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - ABRAPEC), 2001.

Tais periódicos são bem avaliados pelo Qualis - sistema de avaliação e qualificação de periódicos (VILAS BOAS et al.; 2013), e permitem fazer uma análise dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos na área de Ensino de Física no Brasil, uma vez que são encontrados artigos provenientes de diversos autores e instituições situados em diferentes estados, ao mesmo tempo em que são publicações de fácil acesso, de circulação nacional e com maior impacto na comunidade especializada na área (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Primeiramente foi feita procura direta e uso do sistema de busca dos periódicos. Os termos (palavras-chave) usados no sistema - História, Filosofia, Evolução, Natureza, Epistemologia, Epistemológico, Histórico, Ciência, Filosófico, Histórico-filosófico, Abordagem, Contextual e Episódio - foram extraídos, principalmente, dos itens listados por Pena (2008) para a categoria temática HFC²⁰.

Em seguida, a partir da leitura das palavras-chave, título e resumo dos artigos encontrados, restaram apenas os estudos que se referiam às pesquisas empíricas acerca do uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física no Brasil.

Desses estudos foram derivadas as seguintes categorias:

- a) sujeito(s) e objetivo/questão de pesquisa;*
- b) método de pesquisa e procedimentos/instrumentos de coleta dos dados (assim como os critérios de validade e fidedignidade de tais instrumentos);*
- c) procedimentos/instrumentos de análise dos dados, posição do(s) autor(es) na condução da pesquisa e critérios de validade e fidedignidade dos resultados obtidos;*
- d) visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos, sob o argumento de que os usos da HFC na educação, ou a pesquisa sobre eles, requerem que se estabeleça a visão de ciência e dos processos que os fundamentam (FORATO et al., 2012).*

O processo de análise dos artigos foi realizado inicialmente por mim e pelo meu orientador de forma independente, e convergente, e depois submetido à avaliação crítica de um pesquisador experiente na área.

²⁰Trabalhos acerca do tratamento histórico e/ou epistemológico de conceitos e teorias ou de cientistas ligados à Física; da relevância de uma abordagem histórica e/ou filosófica no ensino de física nos diferentes níveis; do uso de material instrucional e método desenvolvidos a partir dessa abordagem; dos aspectos filosóficos e epistemológicos do pensamento de um cientista ou de uma área de conhecimento específico; do tratamento histórico dado em livros didáticos com aplicações ao ensino de física; da epistemologia da ciência, sua natureza, seu caráter de construção permanente, ou em sua dimensão cultural; das concepções de professores e/ou estudantes sobre a NdC.

As tabelas 1A e 1B (apêndices A e B, páginas 132 e 134, respectivamente) representam uma única tabela, mas que por conta da sua extensão foi dividida em duas. Nelas estão descritas as características do desenho de pesquisa dos estudos empíricos relatados nos artigos encontrados.

A primeira coluna das tabelas 1A e 1B refere-se aos artigos encontrados, representados por letras, cujas referências completas encontram-se a seguir:

(A) 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**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

(B) TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; 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**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 111-123, 2001.

(C) PEDUZZI, L. O. Q. Física e Filosofia: Uma aproximação através de um texto na disciplina Estrutura da Matéria. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 5-20, 2003.

(D) 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**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.7-54, 2007.

(E) GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 7-59, 2010.

(F) TEIXEIRA, E. S.; SILVA NETO, C. P.; FREIRE JR, O; GRECA, I. M. A construção de uma argumentação sobre a síntese newtoniana a partir de atividades em grupos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 61-95, 2010.

(G) TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

(H) PEREIRA, G. J. S. A.; MARTINS, A. F. P. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura em física e em química da UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1: p. 229-258, abr. 2011.

(I) ARTHURY, L. H. M.; PEDUZZI, L. O. Q. A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos: recepção de um texto para graduandos em

física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 2, 2405 - 2405-14, 2013.

Dos artigos encontrados, o mais antigo, que discute as consequências do uso da abordagem histórico-filosófica - com base em experiências concretas de sala de aula em disciplinas da graduação em física no Brasil - foi publicado em 2001.

Isso parece desvelar a sensibilidade tardia da comunidade nacional de pesquisadores em Ensino de Física no que se refere às pesquisas empíricas com foco no uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física, haja vista que:

- *o primeiro curso de física no Brasil teve início regular em 1934, na Universidade de São Paulo, que possuía uma disciplina de história da física no currículo (PRADO, 1989);*
- *a área de Ensino de Física já tem pelo menos quarenta anos;*
- *e desde 1979 passou a existir revista especializada na área (PENA, 2009).*

Dito isso, uma importante constatação, pouco discutida na literatura sobre a introdução da abordagem contextual ao ensino de ciências nos anos 70 do século XX, é a pequena sensibilidade revelada pelos professores e pesquisadores brasileiros, desse período, face uma abordagem capaz de explorar mais o uso da HFC (FREIRE JR et al., 2001), bem como as implicações sociais e culturais mais gerais da atividade científica, apesar das evidências fornecidas pelo Projeto *Harvard* nos EUA a favor do uso da HFC no ensino e aprendizagem de ciências.

Outra importante constatação, também pouco discutida na literatura, é o crescente interesse e sensibilidade da comunidade brasileira de pesquisadores em Ensino de Física a partir da década de 80 do século XX face a abordagem histórico-filosófica (PENA, 2012).

Quatro dos nove artigos encontrados foram escritos a partir de duas pesquisas acadêmicas (isto é, dois artigos por pesquisa: A e D de uma pesquisa, B e G de outra), isso reduz, de nove para sete, o número de estudos empíricos encontrados.

Ainda é possível observar que das 7 disciplinas que aparecem nos artigos, duas (Estrutura da Matéria da UFSC e Prática de Ensino de Física da UNESP), devido ao objetivo dessas disciplinas (apêndice A, página 132) nos cursos de graduação em física, podem possuir outro caráter, isto é, não é compulsório o uso da abordagem histórico-filosófica por não possuírem conteúdo histórico e filosófico.

O mesmo não pode ser dito em relação aos objetivos das outras disciplinas, que, por possuírem conteúdo histórico e filosófico, compulsoriamente fazem uso da abordagem. Esse resultado mostra-se relevante para o estudo de efeitos do uso da abordagem histórico-filosófica em si, seja em disciplinas com conteúdo científico (conceitual), histórico-filosófico ou pedagógico.

Observa-se também que nas disciplinas que compulsoriamente apresentam nas ementas os conteúdos de física por meio de uma abordagem histórico-conceitual e/ou numa perspectiva epistemológica (Fundamentos da Física da UEFS; Física Básica I da UFBA; História e Epistemologia da Física da UFRGS, HFC da UFRN e Evolução dos Conceitos da Física da UFSC), em todas há a obrigatoriedade dos licenciandos para cursá-las.

No entanto, segundo Ferreira e Martins (2012), a discussão dos aspectos sobre a construção do conhecimento científico ainda é bastante limitada tanto no exterior como no Brasil, quer seja na formação dos bacharelados das áreas científicas, quer seja na formação dos licenciandos.

1.1 Desenho de pesquisa dos estudos empíricos

Ainda como observado na tabela 1A (apêndice A), os estudos empíricos relatados nos artigos têm os seguintes objetivos:

- dois estudos (artigos A e D de um estudo, B e G de outro) analisam as mudanças que uma disciplina consegue promover, por influência do uso da HFC, nas concepções dos estudantes sobre a NdC;
- dois (C e I) avaliam um material didático/unidade de ensino em termos de sua receptividade junto aos estudantes;
- um (E) busca compreender se uma experiência didática centrada na integração da HC no ensino de física pode contribuir para a aceitação de novas metodologias de ensino;
- um (F) investiga a qualidade do discurso de estudantes na argumentação coletiva sobre um dado conceito físico;
- um (H) analisa como os cursos de licenciatura em física e em química têm proposto a inserção de disciplinas de conteúdo histórico e filosófico.

Dois estudos empíricos (artigos A e D de um estudo, B e G de outro) buscam investigar as possíveis mudanças que elementos de uma disciplina conseguem promover, por influência do uso da HFC, nas concepções dos estudantes sobre a NdC, por meio de um pré-teste aplicado no início da disciplina e um pós-teste aplicado no final dessa.

Ainda sobre esses dois estudos empíricos, no que se refere aos métodos de pesquisa empregados (apêndice B, página 134), nos artigos A e B os autores utilizam o método quali-quantitativo, apesar da tradição da comunidade latino-americana de pesquisadores em Ensino de Ciências (TEIXEIRA et al., 2012b) em realizar trabalhos de natureza qualitativa, o que não se verifica no cenário internacional (TEIXEIRA et al., 2012a). Isso porque o objetivo desses dois estudos implica em mensuração/medida, cujo método não poderia ser apenas qualitativo, conforme Gorard (2002) e Golafshani (2003).

O questionário, a observação, documentos e entrevista foram os instrumentos e/ou procedimentos de coleta dos dados utilizados nas pesquisas empíricas relatadas nos artigos encontrados. Não houve registro da utilização de recursos *online* como procedimento de coleta.

Sobre a validade e a fidedignidade dos instrumentos de coleta de dados, a maioria dos estudos empíricos vale-se de instrumentos previamente validados e elaborados com os aspectos da concepção de ciência que consideram adequados. Contudo, os autores dos artigos encontrados não comentam se o(s) instrumento(s) de coleta dos dados usado(s) no contexto do estudo empírico fornece(m) resultados similares e/ou dessemelhantes aos resultados das pesquisas que utilizaram o(s) mesmo(s) instrumento(s) de coleta em diferentes contextos em distintos locais, tampouco tecem comentários sobre as limitações de se fazer está comparação, ou de se estender os resultados de um evento particular (com exceção do artigo I) para outros contextos.

Como critério de validade dos resultados obtidos com a pesquisa, os autores dos artigos encontrados procuram utilizar diferentes procedimentos de coleta para representar a realidade empírica. Como critério de fidedignidade dos resultados, o processo de análise normalmente é feito pelos autores de cada artigo de maneira independente, e convergente, de forma a minimizar as possíveis fontes de problemas e limitações no que se refere ao posicionamento desses autores na condução da pesquisa.

A maioria dos artigos faz uso da análise interpretativa/comparativa dos resultados da aplicação de instrumentos de pré e pós-testes (questionários) e da análise qualitativa de dados (oriundos da observação, entrevista, apresentações orais, trabalhos escritos etc). Contudo, apenas dois trabalhos (F e I) apresentam, claramente, seus referenciais de análise.

Dos artigos encontrados, em quase todos (com exceção do artigo H), pelo menos um dos autores foi responsável pela condução da disciplina. Isso, apesar de ser uma prática habitual na área (TEIXEIRA et al., 2012b), pode-se configurar em conflito de interesses, uma questão ética e uma possível fonte de problemas e limitações que esse tipo de delineamento metodológico pode ter para a validade dos resultados da pesquisa.

Por fim, os resultados revelam a presença de apenas nove artigos que, como já vimos, constituem sete estudos empíricos com foco no uso da abordagem histórico-filosófica em disciplinas da graduação em física no Brasil. Esse baixo índice de artigos já era esperado tendo em vista as revisões literárias realizadas por Teixeira et al. (2012a, 2012b) e por Oliveira e Silva (2012).

Portanto, existe a necessidade de mais pesquisas sobre o uso da abordagem histórico-filosófica no contexto de sala de aula - e, por consequência, de mais artigos relatando tais pesquisas – para melhor avaliar essa abordagem no ensino de ciências, assim como de estudos sobre a trajetória de estudantes e/ou de professores ao longo de uma disciplina da graduação em física, envolvendo concepções sobre a NdC.

1.2 Visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos

Conforme argumentam Abd-El-khalick e Lederman (2000), deve ser possível chegar a um termo comum sobre o que pode ser considerada uma visão adequada sobre a NdC, segundo as concepções epistemológicas predominantes num dado período, pois em vista do largo espectro de interpretações da atividade científica (CORDEIRO, PEDUZZI, 2012), conceitos filosóficos concordam sobre diversos aspectos da investigação científica.

Para Massoni e Moreira (2012), a principal característica das chamadas imagens epistemológicas contemporâneas é a sua diversidade e não uniformidade de ideias sobre o processo da ciência, embora digam que através delas passou-se a defender, em grandes linhas, a visão de consenso do que se deve ensinar sobre a NdC (IRZIK; NOLA, 2011), sintetizada por um conjunto de frases curtas, diretas e pragmáticas para a Educação em Ciências:

- *o conhecimento científico se baseia em observações e experimentos;*
- *é confiável;*

- *é mutável;*
- *em parte, produto da imaginação humana e criatividade;*
- *carregado de teorias e subjetividade;*
- *é influenciado pelos contextos social e cultural;*
- *não existe um método científico único;*
- *a ciência é teórica e explicativa;*
- *as observações são carregadas de teorias;*
- *afirmações científicas são testáveis;*
- *há uma distinção entre observação e inferência e entre as leis e teorias;*
- *a ciência é autocorretiva.*

No entanto, Teixeira et al. (2009) dizem que não se pode afirmar que exista uma visão única sobre a NdC ou, mesmo, um consenso a respeito de alguma imagem correta da atividade científica, assim como não há como negar a natureza multifacetada, complexa e dinâmica do trabalho científico e das análises filosóficas da empreitada científica. Sobre isso, Irzik e Nola (2011, 2014) apresentam e defendem uma abordagem alternativa baseada na noção de semelhança de família²¹ para os aspectos sobre a NdC, em comparação com a abordagem que tem sido chamada de visão de consenso.

De acordo com Irzik e Nola (2011) o uso da noção de semelhança familiar permite tratar de aspectos importantes apresentados na lista consensual, sem que simplificações indevidas sejam realizadas e sem que sejam desconsideradas as diferenças entre as ciências, isto é, deve-se discutir em sala de aula não o que é comum a todas as ciências, mas o que é similar e o que é diferente entre elas (VITAL; GUERRA, 2014).

Cabe acentuar que além de Irzik e Nola, outros autores (ALTERS, 1997; TEIXEIRA et al., 2009; ALLCHIN, 2011) também criticam a visão de consenso do que se deve ensinar sobre a NdC.

Conforme Irzik e Nola (2011), as ciências compartilham algumas ou a maioria das características, mas não todas, de modo que elas são semelhantes em relação a algumas características, mas diferentes em relação a outras, ou seja, o que integra diferentes disciplinas científicas é a semelhança familiar entre elas no que diz respeito às características de cada categoria que as tornam ciência:

²¹Expressão alusiva ao termo utilizado pelo filósofo Wittgenstein.

atividade científica, objetivos e valores da ciência, metodologias e regras metodológicas, e produtos /resultados da ciência.

Para a análise dos aspectos sobre a NdC que orientam os estudos empíricos, tomei como referência a noção de semelhança familiar para os aspectos sobre a NdC apresentada e defendida por Irzik e Nola (2011) e os itens listados pela visão de consenso, características amplamente compartilhadas em documentos oficiais, a exemplo do relatório unificado intitulado Ciência para Todos²² - Projeto de reformulação curricular norte-americano, não-governamental, que faz parte de um projeto mais abrangente, denominado Projeto 2061: Educação para um futuro em mudança - e nos aspectos sobre a construção do conhecimento científico presentes na ficha de avaliação do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio²³ (PNLEM/2009), disciplina Física.

Em outras palavras, na análise dos aspectos sobre a NdC que orientam os estudos empíricos, foi observado se a pesquisa empírica era orientada pela visão de consenso ou pela visão de semelhança familiar sobre aspectos relativos à NdC.

Na tabela 2 (apêndice C, página 137) está descrita a visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos com foco no uso da HFC em disciplinas da graduação em física no Brasil. A segunda coluna diz respeito à visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos relatados em cada artigo encontrado. Neles predominam os itens listados pela visão de consenso do que se deve ensinar sobre a NdC e não há referência direta da abordagem de semelhança familiar para os aspectos sobre a NdC, apresentados e defendidos por Irzik e Nola (2011). O que não poderia ser diferente, uma vez que:

- *apenas um dos artigos encontrados foi publicado após 2011;*
- *somente agora pesquisadores brasileiros em Ensino de Física estão absorvendo as críticas da abordagem de semelhança familiar para os aspectos sobre a NdC, tendo em vista a literatura nacional da área, a exemplo de Vital e Guerra (2014), Moura (2014) e de Bagdonas et al. (2014);*
- *nem mesmo Irzik e Nola, até então, haviam publicado um estudo empírico com tal abordagem.*

²²Science for All Americans - Project 2061 – American Association for the Advancement of Science, New York: Oxford University Press, 1990. Tradução portuguesa em F. James Rutherford e Andrew Ahlgren - *Ciência Para Todos*, Lisboa: Editora Gradiva, 1995, 265 p..

²³<http://www.fn.de.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/3812-guiapnlem-2009>. Acesso em: 16 ago. 2013.

Apesar disso, a abordagem de semelhança familiar por possuir virtudes que os itens listados pela visão de consenso não têm, mostra-se mais avançada que essa visão, pois, conforme Irzik e Nola (2011): é mais abrangente (captura quase todos os itens listados pela visão de consenso); fornece uma nova maneira de captar a unidade da ciência ao fazer justiça a sua diversidade de disciplinas e subdisciplinas; explica sua unidade, de modo que tece relações entre suas categorias - atividade científica, objetivos e valores da ciência, metodologias e regras metodológicas, e produtos/resultados da ciência - e os diversos elementos que se enquadram sobre essas categorias de forma integrada; faz jus ao desenvolvimento histórico e à natureza dinâmica e aberta da ciência.

Portanto, o uso da HFC como forma de proporcionar concepções adequadas sobre a NdC, ou de transformar imagens distorcidas sobre a NdC, tendo como orientação os itens listados pela visão de consenso, não se mostra coerente segundo as críticas sofridas por essa visão (ALTERS, 1997; IRZIK, NOLA; 2011), e porque também não há consenso entre pesquisadores em Ensino de Ciências sobre a ocorrência de mudança/transformação das concepções de estudantes sobre a NdC por influência da abordagem histórico-filosófica (TEIXEIRA et al., 2012b).

No que diz respeito ao consenso na filosofia da ciência, Alters (1997) revela, a partir dos resultados da pesquisa que ele realizou com 210 filósofos da Associação Americana de Filosofia da Ciência, que a ideia de tal consenso na filosofia da ciência contemporânea sobre aspectos da NdC é falha, ou seja, que também não há um consenso em nível filosófico. Alters (1997) conclui que os princípios que são defendidos no ensino de ciências como critérios básicos para a caracterização da NdC devem ser repensados de modo que possam ser desenvolvidos novos critérios.

Como já foi dito, Irzik e Nola (2011) apontam limitações e deficiências dos itens listados pela visão de consenso para os aspectos sobre a NdC e as vantagens da abordagem semelhança de família em relação à citada visão.

Logo, apesar de existir um consenso entre pesquisadores brasileiros em Ensino de Física no que se refere à importância da discussão sobre a NdC nesse ensino (VILAS BOAS et al., 2013) e sua caracterização, a literatura da área não confirma tal consenso no que se refere à caracterização (a exemplo de ALTERS, 1997; IRZIK; NOLA, 2011; ALLCHIN, 2011).

De acordo com Irzik e Nola (2011), os itens listados pela visão de consenso não fazem justiça à diferença entre as disciplinas científicas, não fazem jus ao desenvolvimento histórico e à natureza dinâmica e aberta da ciência, nem referência direta à investigação científica pela qual o conhecimento científico é produzido, tampouco menção direta aos objetivos e valores, às metodologias e regras metodológicas, e aos produtos/resultados da ciência, enquanto que, a abordagem de semelhança familiar para os aspectos sobre a NdC abarca os aspectos gerais e estruturais da ciência, é sistemática e reconhece as diferenças entre as disciplinas científicas.

Por isso, a discussão sobre a NdC do ponto de vista da abordagem de semelhança familiar mostra-se mais adequada para a formação dos futuros profissionais em física do que os itens listados pela visão de consenso, com vistas às deficiências e limitações dessa visão, às virtudes da abordagem familiar, à natureza introdutória e aos objetivos das disciplinas de cunho histórico e/ou epistemológico nos cursos de graduação em física no Brasil. Apesar disso, a abordagem de semelhança familiar ainda precisa ser avaliada no contexto de sala de aula.

Decerto, a análise dos artigos encontrados exige mais fundamentos do que os obtidos para poder afirmar que essa ou aquela pesquisa empírica é orientada pela visão de consenso sobre a NdC, uma vez que os itens listados por essa visão fazem referência ou menção de modo indireto aos itens que integram diferentes disciplinas científicas, são eles: atividade; objetivos e valores; metodologias e regras metodológicas; e produtos /resultados (IRZIK; NOLA, 2011).

Capítulo 2 - Desenho da pesquisa

O pesquisador tem um leque de decisões a adotar no momento de fazer suas escolhas técnicas, cujas decisões, sejam quais forem, devem implicar na constituição de um sistema coerente e claro para os leitores de sua pesquisa, isto é, discutir de forma explícita a metodologia adotada, mostrar a relação entre o referencial teórico (referencial a partir do qual são formuladas as questões ou perguntas sobre o objeto de estudo), a metodologia para dar respostas a essas perguntas e a discussão da fidedignidade e validade dos instrumentos de coleta e dos resultados obtidos (GRECA, 2002).

Mas o que leva o pesquisador a tomar certas decisões, ou escolhas, em detrimento de outras? Segundo Glesne (2006), o que se escolhe para pesquisar e como são elaborados os métodos relatam as posturas ética e filosófica sobre a proposta e a natureza da pesquisa.

O desenho da pesquisa aqui apresentado (modalidade e problema/objetivo de pesquisa, enquadramento teórico, método de pesquisa, procedimentos e instrumentos de coleta de dados, técnicas de registro, procedimentos para a análise dos dados, critérios de validade e de fidedignidade dos instrumentos e dos resultados da pesquisa, questões éticas envolvidas, limitações da investigação e formato do relatório) fundamenta-se na corrente interpretativista²⁴.

Metodologicamente, a implicação da perspectiva interacionista é que o ator é visto em termos de ações, ou seja, de acordo com Crotty (1998), a situação deve ser encarada como os indivíduos produzem significados a partir das interações sociais. Nesse papel um pesquisador observa como o social condiciona o individual; isso é possível por causa da linguagem e outras ferramentas simbólicas que nós, humanos, partilhamos e pelas quais nos comunicamos. Em outras palavras, somente por meio do diálogo podemos nos tornar cientes das percepções, sentimentos e atitudes dos outros e interpretar seus significados e intenções, daí o termo simbólico (CROTTY, 1998).

²⁴Conforme Crotty (1998), a Sociologia interpretativa considera o indivíduo e sua ação como unidades básicas. Para Crotty, o que entendemos como abordagem interpretativista para a investigação humana surgiu historicamente sob muitas formas, sendo útil considerar três correntes históricas, por ordem de aparecimento: hermenêutica, fenomenologia e interacionismo simbólico.

A seguir as questões que nortearam o desenho da presente pesquisa:

- 2.1. *Quais os objetivos da pesquisa?*
- 2.2. *Qual tipo de dado (ação) é preciso para cumprir tais objetivos?*
- 2.3. *Quais os procedimentos/técnicas de coleta de dados e os instrumentos de registro adequados?*
- 2.4. *Quais os instrumentos de coleta de dados?*
- 2.5. *Como fazer a análise e discussão dos resultados?*
- 2.6. *Quais as questões éticas envolvidas na pesquisa?*
- 2.7. *Qual o formato do relatório final da pesquisa?*

2.1. Quais os objetivos da pesquisa?

O objetivo primário desta pesquisa é analisar a trajetória dos estudantes da disciplina sobre ECF, do curso de graduação em física ministrado na UFSC, ao longo do primeiro semestre acadêmico do ano letivo de 2012, quanto às suas concepções sobre a NdC. O objetivo secundário é investigar a influência do professor da disciplina nessa trajetória.

2.2. Qual tipo de dado (ação) é preciso para cumprir tais objetivos?

Para cumprir os objetivos primário e secundário (capítulos 3 e 4), dividi a pesquisa em duas etapas:

- a) *Teórica: investigação acerca das concepções sobre a NdC que fundamentam os relatos de estudos empíricos sobre os usos da HFC em disciplinas da graduação em física no Brasil, publicados na literatura nacional de pesquisa em Ensino de Ciências e em Ensino de Física, no que se refere aos aspectos sobre o desenho dessas pesquisas (capítulo 1). O que norteou as características do desenho de pesquisa do estudo de caso (capítulo 2), em especial, da parte empírica desta pesquisa (capítulos 3).*
- b) *Empírica: estudo de caso, propriamente dito, sobre a trajetória de estudantes da disciplina ECF do curso de graduação em física da UFSC, semestre 2012.1 (capítulo 3), quanto às suas concepções sobre a NdC e a influência do professor da disciplina nessa trajetória, a partir da análise e discussão dos dados obtidos da observação sistemática das aulas, documentos da disciplina, material didático utilizado, da entrevista com o professor e do questionário direcionado aos estudantes.*

2.3. Quais os procedimentos/técnicas de coleta de dados e os instrumentos de registro adequados?

No que diz respeito aos procedimentos/técnicas de coleta de dados, a presente pesquisa explora quatro técnicas distintas no campo da pesquisa qualitativa (LICHTMAN, 2010):

- *Observação: nessa técnica os pesquisadores selecionam uma ou diversas características-chave de um grupo de pessoas e decidem estudá-lo observando-o em seus ambientes naturais; tal técnica também fornece dados sobre os indivíduos, interações e cultura; normalmente, os pesquisadores primeiro decidem sobre o tipo de indivíduo a estudar e com que frequência se submetem a detalhes para terem acesso ao cenário. As questões da observação incluem, além da decisão de quem estudar, em quais situações, a frequência, o intervalo de tempo para as observações e o papel do pesquisador. Em resumo, a condução da observação dependerá dos conceitos e questões a serem estudadas, do local das observações e como acessá-lo, número de observações e do tipo de grupo estudado;*
- *Documentos escritos: esse procedimento é frequentemente utilizado para conseguir informações dos participantes e para fornecer anotações escritas e reflexões do que se está estudando e seus efeitos. As questões de pesquisa incluem a decisão de quais materiais usar e como extrair a essência da escrita;*
- *Recursos 'on line': nesse procedimento os pesquisadores usam dados levantados a partir de fontes como salas de bate-papo, grupos de discussão 'on line', ambiente virtual de aprendizagem, etc. Tais recursos são utilizados para se ter os dados disponíveis para análises secundárias. Seus dados são fáceis de coletar e estão prontamente disponíveis, não precisam de transcrição. Um aspecto negativo é que não há orientações claras para o uso dos dados e a pouca permanência das fontes²⁵ ('sites'), tampouco sobre a validade e fidedignidade desses recursos;*
- *Entrevista: nessa técnica o pesquisador (entrevistador) montará uma situação em que o indivíduo entrevistado irá revelar seus sentimentos, intenções, entendimentos ou pensamentos sobre um tópico, contexto ou ideia. O tipo de entrevista utilizado nesta investigação é a semiestruturada, na qual o entrevistador faz um conjunto de perguntas para o entrevistado. Contudo, o entrevistador também pode variar as perguntas conforme a situação, apesar da estrutura geral ser praticamente a mesma.*

Em síntese, a observação das aulas (*in loco* e por meio de gravações de áudio e vídeo e do diário de campo) foi utilizada como procedimento de coleta principal para cumprir os objetivos primário e secundário desta pesquisa (capítulos 3 e 4). Os documentos escritos, entrevista e recursos *on line* (sistema de apoio aos cursos presenciais)²⁶ foram os procedimentos/técnicas de coleta complementares.

²⁵A exemplo do acesso às informações dos estudantes (semestre 2012.1) no sistema de apoio aos cursos presenciais.

²⁶<https://moodle.ufsc.br/login/index.php>.

O gravador de áudio, a câmera de vídeo e o diário de campo foram os instrumentos de registros dos dados coletados, respectivamente, da entrevista com o professor e da observação das aulas.

2.4. Quais os instrumentos de coleta de dados?

A pesquisa vale-se, em termos, de instrumentos de coleta elaborados (questionário; roteiro da entrevista e da observação das aulas), previamente validados e aplicados por outros pesquisadores.

O questionário direcionado aos estudantes (adiante) foi elaborado com base no instrumento construído, previamente validado e aplicado por Martins (2007)²⁷, e a partir das observações das aulas da disciplina ECF. No trabalho, Martins relata os resultados de uma pesquisa empírica, de natureza diagnóstica, que buscou investigar as principais dificuldades e experiências de três grupos de indivíduos (licenciandos, estudantes de pós-graduação e professores da rede pública) acerca do uso da HFC para fins didáticos.

O questionário direcionado aos estudantes da disciplina ECF, 1º semestre do ano letivo de 2012, foi incluído no sistema de apoio aos cursos presenciais. Depois de preenchido o questionário deveria ser enviado para o meu e-mail após o final do semestre. Com isso, procurou-se deixar claro para os estudantes que as informações, por eles fornecidas no questionário, não seriam utilizadas para efeito da avaliação na disciplina.

Questionário direcionado aos estudantes

1 Introdução

- 1.1 Propósito da entrevista
- 1.2 Por que a entrevista está sendo realizada?
- 1.3 Garantia do anonimato das informações por eles fornecidas.
- 1.4 Como os dados serão utilizados?

2 Dados do estudante

- 2.1 Nome
- 2.2 Idade
- 2.3 E-mail
- 2.4 Licenciando e/ou bacharelado?
- 2.5 Semestre?
- 2.6 Possui ou possuiu bolsa de iniciação científica? Caso sim, qual a área de pesquisa?
- 2.7 Além de estudar, você trabalha? Caso sim, é professor? Tem outra profissão? Caso sim, qual?

²⁷Questões 3.1, 3.2, 3.4, 3.5 e 3.6.

3 Quanto à sua percepção a respeito da contribuição da HFC na sua formação profissional

- 3.1 Você se interessa por HFC? Por quê?
- 3.2 Além da disciplina ECF, você já fez alguma disciplina ou curso envolvendo HFC? Caso sim, qual(is)?
- 3.3 Você já fez alguma leitura independente sobre HFC? Caso sim, qual(is)?
- 3.4 Você acha importante que a HFC esteja presente na formação do futuro profissional em física (licenciando ou bacharelado)? Por quê?
- 3.5 Na sua opinião, quais são as principais dificuldades para se trabalhar com HFC no ensino de física?
- 3.6 Você, como professor(a), já tentou/tentará trabalhar elementos de HFC em suas aulas? Por quê? Que tipo de atividade realizou/pretende realizar?
- 3.7 A disciplina ECF mudou sua visão sobre como a ciência é feita ou sobre como cientista faz seu trabalho? Dê exemplos para ilustrar sua resposta.

4 Sobre a receptividade com o material didático (textos) utilizado nas aulas da disciplina

- 4.1 Você aprecia o texto histórico? Por quê?
- 4.2 Você encontrou dificuldade no estudo dos textos utilizados na disciplina ECF? Caso sim, qual(is)?
- 4.3 Você lia os textos antes das aulas? Com que frequência?
- 4.4 Na sua opinião, o material didático da disciplina favorece a compreensão dos conceitos físicos? Por quê?

O roteiro da entrevista com o professor, por sua vez, valeu-se de questões do instrumento elaborado, previamente validado e aplicado por Pereira e Martins (2011)²⁸, e das observações das aulas da disciplina.

No trabalho, Pereira e Martins analisam a estrutura curricular dos cursos de licenciatura em física e em química da UFRN no que se refere à inserção de disciplinas de conteúdo histórico e filosófico - isto é, como essas licenciaturas da UFRN têm proposto a inserção da HFC em seus currículos - e apresentam as principais diferenças e semelhanças entre duas disciplinas de conteúdo histórico-filosófico, uma de cada curso, a partir dos dados coletados conforme alguns eixos de análise - perfil do professor-formador; inserção da HFC na estrutura curricular em questão; enfoque teórico e metodológico da disciplina; relação teoria-prática (HFC e o ensino de ciências) - e com base na análise documental, entrevista com os professores e observações das aulas de cada disciplina.

Roteiro da entrevista com o professor

1 Introdução (entrevistador)

- 1.1 Apresentação do entrevistador
- 1.2 Propósito da entrevista
- 1.3 Por que a entrevista está sendo realizada?
- 1.4 Garantia do anonimato
- 1.5 Permissão para usar o dispositivo de gravação em áudio

²⁸Questões 2.1, 2.2, 2.5, 3.1, 3.2, 4.1.1, 4.2.1, 4.2.3, 4.3.1, 4.3.2, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.4, 4.4.5, 4.4.6, 4.4.8, 4.4.9 e 4.4.10.

- 1.6 Tempo da entrevista
- 1.7 Como os dados serão utilizados?

2 Formação acadêmica²⁹

- 2.1 Qual a sua formação inicial (graduação)?
- 2.2 Qual a sua formação em nível de pós-graduação?
- 2.3 Possui produção acadêmica na área?
- 2.4 Possui grupo de pesquisa ou vínculo com algum(ns) grupo(s) de pesquisa? Qual(is)? (nome, temática(s)/linha(s) de pesquisa, integrantes, trabalhos...)
- 2.5 Você tem alguma formação específica na área de HFC? Especifique.

3 Familiaridade com HFC

- 3.1 Há quanto tempo ministra a disciplina ECF? Além de você, quem mais ministra ou já ministrou esta disciplina?
- 3.2 Como ocorreu o primeiro contato com o conteúdo de HFC? E com a disciplina ECF?
- 3.3 Para você, a disciplina ECF precisa ter pré-requisito(s) do professor? Caso sim, qual(is)? Por quê? Caso não, por quê?
- 3.4 Em função de sua experiência com a disciplina ECF, quais são as suas impressões sobre essa disciplina em termos de aprendizagem de conceitos e da transformação das imagens dos estudantes sobre a NdC para imagens mais críticas?
- 3.5 Você lidera um grupo de pesquisa sobre uso da HFC no ensino de física. Quantos estudantes de graduação, mestrado e doutorado você orienta atualmente? Quais seus projetos de pesquisa?

4 A disciplina ECF

4.1 Conteúdos

- 4.1.1 Quais critérios você utilizou para selecionar os conteúdos trabalhados na disciplina ECF?

4.2 Metodologia de trabalho na disciplina

- 4.2.1 Como você organiza as atividades de ensino?
- 4.2.2 Como é a dinâmica das aulas? Sempre foi assim?
- 4.2.3 Que materiais didáticos você utiliza na disciplina? Quais foram os critérios que você utilizou para selecioná-los?

4.3 Avaliações

- 4.3.1 Quais instrumentos você utiliza para avaliar seus estudantes? Quais são os critérios de avaliação?
- 4.3.2 O que você espera que os estudantes aprendam ao final do curso?

4.4 A disciplina no currículo e na formação dos licenciandos e dos bacharelados

- 4.4.1 Na sua opinião, qual a função da disciplina ECF na formação do licenciando e do bacharelado em física?
- 4.4.2 Para você, abordagens históricas e filosóficas devem ser contempladas em outras disciplinas do curso? Ou devem ser contempladas em uma disciplina isolada como ECF? Por quê?
- 4.4.3 Uma disciplina de HFC, dada no final do curso, é suficiente para provocar as mudanças necessárias nas concepções dos estudantes sobre a NdC? Por quê?
- 4.4.4 Para você a HC deve estar associada da filosofia da ciência? Por quê?
- 4.4.5 Em sua opinião, a disciplina ECF poderia ser oferecida em outro período do curso? Caso sim (Qual? Por quê?). Caso não (por quê?).
- 4.4.6 Para você, a disciplina ECF deve ter pré-requisito(s) do estudante? Caso sim, Qual(is)? Por quê? Caso não, por quê?
- 4.4.7 A disciplina ECF deve ter pré-requisito(s) do currículo do curso? Caso sim, qual(is)? Por quê? Caso não, por quê?
- 4.4.8 Por que a HFC é importante para a prática profissional dos futuros licenciados e bacharéis em física?
- 4.4.9 Como você aborda na disciplina ECF a integração entre o conteúdo histórico-filosófico e o conteúdo de física?

²⁹As questões relativas à formação acadêmica foram obtidas via *Curriculum lattes*.

4.4.10 Você acha que a disciplina tem contribuído para incorporar efetivamente a HFC nas práticas profissionais dos futuros profissionais (licenciandos e bacharelandos) em física? Caso positivo, poderia citar exemplos dessa contribuição? Caso não, por quê?

As questões do roteiro, adiante, para a observação das aulas, foram extraídas da narrativa de Massoni e Moreira (2007) e complementadas pela observação das aulas da disciplina ECF.

O trabalho de Massoni e Moreira (2007) busca descrever o processo de construção de uma compreensão descritiva contextualizada da cultura de sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física do currículo de formação de professores de física da UFRGS.

Roteiro para a observação das aulas

a) Atividades didáticas desenvolvidas

Seminário? Apresentações orais? Trabalhos escritos? Trabalho individual? Trabalho em grupo (escolhido pelos estudantes ou pelo professor)? Atividade extraclasse (ambiente virtual)? Mapas conceituais? Discussão de textos?

b) Material de apoio

Textos históricos? Datashow? Vídeos? Vídeo-aula? Animação? *Slides*? Simulação?

c) Estratégia de Ensino/Enfoque metodológico (como o professor aborda o objeto de estudo com a turma?)

Discussões coletivas a partir de leituras pré-selecionadas? Caráter expositivo/informativo (sem espaço para a participação ou com pouca participação dos estudantes)? Exposições dialógicas/participativas a partir de leitura pré-selecionada, *slides*, vídeo, simulação, animação e/ou vídeo-aula? O professor faz um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes? Há articulação concreta entre conteúdos específicos do curso ECF e resultados de pesquisa na área?

d) Conteúdo trabalhado/Episódio histórico

Repousa sobre a História da Ciência (HC)? - Abordagem com tendência externalista, internalista ou internalista e externalista³⁰? - Repousa sobre a Filosofia da Ciência (FC)? HC articulada à FC?

e) Contexto de sala de aula

- Estudantes ouvintes (com raras interrupções às explicações do professor)?
- Atentos, silenciosos, demonstrando interesse e certo entusiasmo sobre o assunto?
- Estudantes confusos diante das ideias apresentadas? Debates que demonstram o confrontamento de imagens epistemológicas “deformadas” dos estudantes com novas concepções epistemológicas?
- Os estudantes manifestam suas dúvidas e ideias espontaneamente?
- Maior participação dos estudantes através de perguntas, respostas, opiniões e comentários?
- Na realização de tarefas em grupo os estudantes demonstram entrosamento e objetividade na execução das tarefas? O clima da turma é de cordialidade, pacífico e equilibrado?

³⁰Conforme Martins (2006), um estudo completo envolveria os dois tipos de abordagem em HC: a abordagem conceitual (interna, internalista) que discute os fatores/aspectos científicos (evidências, fatos de natureza científica) relacionados a determinado assunto ou problema, e a abordagem não conceitual (externa, externalista) que lida com fatores externos à ciência/extracientíficos (influências sociais, políticas, econômica luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos etc), uma vez que um enfoque que exclui totalmente uma dessas abordagens da HC empobrece a compreensão sobre a natureza do conhecimento científico (OLIVEIRA; SILVA, 2012).

- Os estudantes demonstram certo consenso (reticentes, frustração) com as ideias apresentadas pelo professor?
- Nível de atenção versus nível de ruídos (conversas dispersas)?
- Apenas uma parte da turma se expunha ao grupo, os demais se limitavam a ouvir concordando com o seu silêncio ou com breves acenos de cabeça?
- Os estudantes mostram-se envolvidos com o texto?
- O professor consegue fazer com que todos participem das discussões em sala de aula?
- O professor utiliza exemplos históricos para esclarecer conceitos ou responder dúvidas dos estudantes?
- Outros?

f) Perguntas, opiniões, posicionamentos e comentários dos estudantes, do professor, e presentes no material/recurso didático, acerca da visão sobre a NdC.

Aqui procurei identificar as falas que se alinham ou acompanham à visão defendida pelo professor. As transcrições das falas foram feitas por mim.

Os dados obtidos das observações das aulas e das anotações no diário de campo foram sistematizados segundo a ferramenta metodológica denominada “mapas de episódio”. Essa ferramenta de análise foi elaborada por Amantes e Borges (2011) para uma análise exploratória do contexto de ensino de aulas de física de uma escola pública federal, com o intuito de descrever a situação de ensino e levantar possíveis fatores que influenciam o entendimento dos conteúdos estudados; abrangem-se os parâmetros da turma e os específicos dos grupos, uma vez que a dinâmica se alterou entre trabalhos em conjuntos e explanações do professor de física.

Essa ferramenta constitui-se de indicações de trechos das gravações em que houve discussão sobre o conteúdo ou a unidade de análise, relatos a respeito das atividades e da condução das aulas pelo professor, além de explicitar, para cada aula, as características do comportamento de cada grupo (AMANTES; BORGES, 2011).

Segundo Amantes e Borges (2011), a ferramenta “mapas de episódio” se reporta tanto às características gerais como específicas e também à episódios relevantes para as questões de pesquisa, podendo ser utilizada de muitas maneiras para avaliar diferentes parâmetros do contexto de ensino. Ainda que não compreenda transcrições, a ferramenta mapeia toda a unidade de análise qualitativa, localizando os episódios por demarcações específicas.

Para a presente tese, os “mapas de episódio” constituem-se de informações e descrições gerais da aula, em ordem cronológica; de acontecimentos da aula, que explicitam os eventos mais significativos, bem como da dinâmica geral de condução do professor; de uma sucinta descrição do comportamento dos estudantes

(AMANTES; BORGES, 2011); de transcrições dos trechos das gravações em que houve participação do(s) estudante(s) e/ou do professor no que diz respeito à sua visão sobre a NdC.

No quadro 01, adiante, constam tópicos relativos ao número e à data da aula, atividades didáticas desenvolvidas, materiais de apoio, enfoque metodológico, conteúdo trabalho/episódio histórico, à duração da aula, ao intervalo de tempo decorrido na gravação da fala dos estudantes e do professor, ao contexto de ensino, aos posicionamentos, perguntas, comentários e/ou opiniões que afloraram concepções dos estudantes sobre a NdC, à visão epistemológica defendida/problematizada pelo professor, ao material/recurso didático utilizado (texto; animação; vídeo-aula, *slides* etc) e à imagem da ciência presente nesse material/recurso.

No quadro 02, mais a frente, estão as unidades de análise referentes aos dados pessoais e acadêmicos dos estudantes inscritos na disciplina ECF, às informações extraídas do questionário respondido por eles³¹ (idade, semestre e bolsa e/ou se trabalha; carreira seguida³²), às observações, documentos (frequência às aulas)³³ e recursos *on line* (sistema de apoio aos cursos presenciais, plataforma *moodle*).

Quadro 01: Modelo do mapa de episódio construído para a pesquisa

Aula/Data	Atividade(s) didática(s) desenvolvida(s)	Material(is) de apoio	Enfoque metodológico	Conteúdo trabalhado/episódio histórico
Duração		Contexto de ensino (observações gerais)		
Momento da aula/Intervalo de tempo decorrido na gravação (vídeo/áudio)	Estudante	Participação do estudante: Perguntas, opiniões, posicionamentos e comentários referentes à visão sobre a NdC		Contexto

³¹Informações sobre a vida acadêmica e vivência acerca da NdC.

³²Para uma possível análise comparativa entre as concepções sobre a NdC de estudantes que seguirão carreiras distintas.

³³*A priori*, esta reflete certo interesse pelas discussões realizadas na disciplina.

Momento da aula/Intervalo de tempo decorrido na gravação (vídeo/áudio)		Visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor			Contexto	
Quadro 02: Dados pessoais e acadêmicos dos estudantes inscritos na disciplina ECF (semestre 2012.1) ³⁴						
Estudante	Sexo ³⁵	Idade	Carreira seguida ³⁶	Semestre Cursado	Bolsa de iniciação científica e/ou emprego? ³⁷	Frequência nas aulas da disciplina ECF ³⁸ (horas-aula)

2.5. Como fazer a análise e discussão dos resultados³⁹?

Os dados extraídos da transcrição das manifestações verbais, das ações e dos eventos de sala de aula gravados em áudio e vídeo, complementados pelas anotações de campo, foram analisados segundo a técnica de análise de conteúdo, uma vez que a presente pesquisa, parafraseando Moraes e Galiazzi (2013):

- pretende responder questionamentos sobre o que expressa um texto;*
- investe tanto em descrição como em interpretação;*
- tem no esforço compreensivo uma de suas metas, diferente da análise de discurso que não tem na compreensão seu foco principal, mas sim na crítica;*
- é pretensamente objetiva, limitando-se ao manifesto/explicito;*
- valoriza o sujeito e suas manifestações;*
- trabalha com categorias construídas no processo de análise. Categorizar significa dar ênfase a uma parte como modo de melhorar a compreensão do todo;*
- pode tanto operar com teorias a priori quanto com teorias emergentes, entretanto cada vez mais tem assumido a construção de teorias a partir dos dados.*

Após a análise dos dados, o passo seguinte foi discutir a validade e a fidedignidade dos instrumentos de coleta de dados e dos resultados obtidos.

³⁴Ver apêndice E (página 140).

³⁵M para masculino e F para feminino.

³⁶Licenciatura e/ou bacharelado.

³⁷Se o estudante possuía bolsa de iniciação científica e/ou emprego. Caso sim, a área.

³⁸Número de horas-aula frequentadas pelo estudante.

³⁹Descrição ou significado dos resultados e discussão com a literatura e/ou quadro teórico.

Segundo Laville e Dionne (1999), fidedignidade do instrumento é a qualidade de um instrumento de fornecer os mesmos resultados independente do tempo e/ou lugar de sua utilização, e a validade do instrumento é a qualidade de um instrumento de fornecer as informações para as quais foi construído.

Sobre a validade dos instrumentos (questionário direcionado aos estudantes, roteiro da entrevista com o professor e roteiro da observação das aulas), este estudo de caso vale-se, em termos, de instrumentos previamente validados e aplicados por outros pesquisadores (MARTINS, 2007; MASSONI; MOREIRA, 2007; PEREIRA; MARTINS, 2011), e da triangulação de tais instrumentos.

No que se refere à fidedignidade dos instrumentos utilizados no contexto do estudo empírico, existe a perspectiva da realização de um estudo, em diferentes contextos em distintos lugares, para investigar se esses instrumentos de coleta fornecerão resultados similares aos resultados da presente tese, assim como discutir as limitações dessa comparação e da extensão dos resultados de um evento particular para outros contextos.

Para validar os resultados obtidos com a pesquisa, isto é, para a determinação da medida em que as conclusões representam a realidade empírica e a avaliação dos construtos criados pelos pesquisadores como representantes das categorias de experiência que acontecem (GRECA, 2002), os dados, relativos ao estudo de caso em foco, foram coletados a partir de uma variedade de procedimentos (entrevista, observação, documentos escritos e recursos *on line*), e foi utilizada a corroboração/triangulação dos resultados obtidos com tais técnicas de coleta (capítulo 3).

O estudo de caso ao longo de um (1) semestre acadêmico na única disciplina obrigatória do curso de graduação em física da UFSC que compulsoriamente faz uso da abordagem histórica numa perspectiva epistemológica por si só restringe os resultados acerca da transformação/mudança das concepções dos estudantes sobre a NdC por influência da abordagem histórico-filosófica. Contudo, isso não invalida a investigação sobre a influência da disciplina ECF (professor, material didático e contexto de sala de aula) na formação de futuros profissionais em física, ainda que seja durante um (1) semestre acadêmico, pois na maioria dos cursos de graduação em física no Brasil, ECF é a única disciplina de natureza histórico-filosófica do curso (TENFEN, 2011; PEREIRA; MARTINS, 2011).

Quanto à fidedignidade dos resultados - questão de que se em um mesmo estudo, múltiplos pesquisadores concordam com os resultados obtidos (GRECA, 2002) - os desdobramentos da pesquisa acadêmica em questão foram apresentados em eventos específicos da área, a exemplo do ENPEC e do EPEF, em seminários de pesquisa no âmbito do PPGEFHC, e fora desses, para sugestões, críticas e/ou recomendações dos pares, tais como:

- *contextualizar cada aula, permitindo ao leitor compreender o que levou o estudante a fazer o comentário;*
- *as falas escolhidas devem representar claramente uma visão de ciência;*
- *explicar quais aspectos da disciplina ECF foram determinantes para a mudança de concepção sobre a NdC;*
- *falta de um instrumento/ferramenta específico de análise das falas dos estudantes;*
- *apresentar referências que sustentem a relevância do tema NdC para o contexto educacional;*
- *dar mais ênfase aos resultados sobre o que acontece com os estudantes, no que diz respeito às suas concepções sobre a NdC, do que ao mérito, ou não, da disciplina ECF nisso;*
- *apresentação sistemática dos resultados de todos os estudantes, especificando as ideias e desenvolvimentos desses sobre aspectos relativos à NdC, entre outras.*

2.6. Quais as questões éticas envolvidas na pesquisa?

De acordo com Glesne (2006), por se preocupar com a natureza das relações entre os participantes da investigação, na pesquisa qualitativa surgem questões éticas da relação entre pesquisador e pesquisado.

No tocante às questões éticas enfrentadas na condução da entrevista com o professor e com os estudantes (questionário), e na observação das aulas, não foi perdida de vista:

- a) a responsabilidade em assegurar a privacidade dos sujeitos de pesquisa (daqueles que desejaram permanecer anônimos, não serem filmados ou receberem reconhecimento)⁴⁰, o que limita a investigação e influencia a validade dos resultados, mas explicita a garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados;*
- b) a obtenção do consentimento informado dos sujeitos da pesquisa (TCLE)⁴¹, elaborado em duas vias⁴²;*

⁴⁰Foram usados pseudônimos para garantir o anonimato dos sujeitos de pesquisa.

⁴¹Apêndice D (página 139).

⁴²Uma via fornecida ao sujeito de pesquisa e outra via arquivada.

c) a garantia da reciprocidade com os participantes do estudo (informações para o professor da disciplina sobre a coleta e análise dos dados, bem como da divulgação dos resultados da investigação).

Os estudantes foram previamente informados de que a participação na pesquisa era voluntária, e todos concordaram em gravar pelos menos o áudio. Para tanto, a sala de aula foi dividida de modo que os estudantes que permitiram a filmagem ficassem na área coberta pela câmera, e aqueles que não autorizaram ficassem fora dela, sem fazer qualquer outra distinção entre eles na coleta de dados durante as aulas da disciplina.

Durante a observação ao longo da disciplina ECF, semestre 2012.1, para não se configurar em conflito de interesses, uma questão ética e uma possível fonte de erro, e para não prejudicar a interpretação e validade dos resultados da pesquisa, eu acompanhei o curso na condição de observador, isto é, não atuei como docente e nem participei como discente, e não era ao mesmo tempo observador e participante, mas ainda assim influenciei e fui influenciado (MASSONI; MOREIRA, 2012). O professor foi o responsável em conduzir a disciplina. As aulas seguiram os mesmos procedimentos do 2º semestre acadêmico do ano letivo de 2011.

2.7. Qual o formato do relatório final da pesquisa?

O relatório final da presente pesquisa acadêmica está escrito no formato monográfico (convencional).

Capítulo 3 - Concepções sobre a NdC: a trajetória dos estudantes da disciplina ECF da UFSC, semestre 2012.1

Aqui relato os resultados do estudo de caso de caráter qualitativo e descrito sobre a trajetória dos estudantes da disciplina ECF, ministrada no 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012, do curso de graduação em física da UFSC, modalidade presencial (licenciatura - curso noturno; bacharelado - curso diurno), ao longo das 32 aulas da disciplina, quanto às suas concepções sobre a NdC, objetivo primário desta tese.

As pesquisas na categoria mudança conceitual, quase sempre, investigam as abordagens metodológicas que envolvem a atitude de superação das concepções alternativas por aquelas tidas como válidas cientificamente (MOREIRA; PINTO, 2003). Em geral, sua metodologia de pesquisa pode ser dividida em três momentos:

- *no 1º, é elaborado um pré-teste (questionário de sondagem, roteiro de entrevista etc) contendo questões (abertas, fechadas e/ou semiaberta) sobre o assunto em estudo, concebidas para extrair as principais preconcepções dos estudantes (KARAM et al., 2006);*
- *no 2º momento, a partir dos dados coletados (respostas ao pré-teste) e identificação das preconcepções dos estudantes, inicia-se a elaboração, preparação e a utilização de atividades e estratégias de ensino e materiais instrucionais, com o objetivo de aflorar as ideias prévias dos estudantes e instaurar um conflito cognitivo (KARAM et al., 2006), visando assim à aprendizagem dos conceitos científicos envolvidos (GRADINA; BUCHWEITZ, 1994);*
- *após a intervenção de ensino é aplicado um pós-teste, 3º momento, com questões similares as questões do instrumento inicial. Com base nos resultados obtidos com o pós-teste (pós-diagnóstico) é averiguado se a intervenção de ensino proporcionou mudança nas concepções de estudantes sobre o assunto/conceito em estudo (força, luz, corrente elétrica, NdC etc).*

Isso, por si só, limita os resultados desses trabalhos e das pesquisas sobre às possíveis mudanças que uma disciplina sobre HFC consegue promover, por influência do uso da abordagem histórico-filosófica, nas concepções dos estudantes sobre a NdC, uma vez que a análise das respostas pode oferecer apenas indícios pontuais sobre as noções dos participantes (GATTI et al., 2010) por se tratar de dados que enfocam apenas o produto final, ou a comparação entre pré e pós-testes, sem a devida valorização do processo vivenciado na realização da intervenção educacional (FORATO et al., 2012).

A ênfase nas trajetórias individuais dos estudantes, quanto às suas concepções sobre a NdC, é para explorar com maior detalhe o processo em si e não apenas o produto final, ou a comparação entre pré e pós-testes.

Para tanto, além dos dados relativos às observações do contexto de ensino (a exemplo do mapa de episódio 08, apêndice F, página 143), também foram usadas as informações, referentes aos estudantes inscritos na disciplina, extraídas do questionário aplicado, das resenhas, do sistema virtual de apoio aos cursos presenciais⁴³ e do diário de campo.

3.1 O contexto

As aulas da disciplina eram ministradas nas segundas e quintas-feiras, agrupando-se em 2 horas-aula (duração de 50 minutos cada hora-aula) consecutivas em cada dia, sempre das 20h20min às 22h00min, totalizando 4 horas-aula semanais durante o 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012 (de março a julho).

A turma observada e gravada era composta por 19 estudantes inscritos, entre licenciandos e bacharelados, na qual acompanhei a trajetória desses estudantes, quanto às suas concepções sobre a NdC, a partir da observação sistemática das aulas, totalizando 64 horas-aula de observação. Desses estudantes, 8 não preencheram o questionário aplicado (capítulo 2, página 36).

Dos 19 estudantes inscritos na disciplina, semestre acadêmico 2012.1, 10 eram estudantes do curso de licenciatura e 9 do curso de bacharelado.

No que diz respeito aos dados empíricos para descrever a trajetória dos estudantes ao longo das 32 aulas (64 horas-aula) da disciplina (semestre acadêmico 2012.1), foram tomados os devidos cuidados éticos (capítulo 2), dentre eles, o esclarecimento aos estudantes sobre a pesquisa e o uso do TCLE. Para preservar a identidade dos estudantes optei por chamar cada estudante pela letra “E” seguida de um número correspondente.

Como mencionado no capítulo 2, durante a investigação o professor conduziu as aulas da disciplina e eu coletei (como observador), gravei (em áudio e

⁴³Eu tive acesso, como convidado, às informações publicadas no sistema de apoio aos cursos presenciais (plataforma *moodle*).

em vídeo), transcrevi e analisei os dados sobre as aulas. Uma câmera, um gravador e um diário de campo foram utilizados no registro dos dados. Esses foram transcritos e transferidos para o seu respectivo mapa de episódio.

As concepções dos estudantes sobre a NdC foram identificadas e analisadas segundo a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor em seus artigos, na sala de aula, vídeo-aula, nos seminários apresentados pelos estudantes e no material didático por ele produzido, isto é: contraposição à concepção puramente indutivista e ateórica e à concepção aproblemática e/ou a-histórica do conhecimento científico; objeção à concepção metodologicamente rígida do fazer científico e à concepção exclusivamente analítica do conhecimento científico; contraposição à concepção puramente acumulativa (de crescimento linear) e à concepção individualista e elitista do conhecimento científico; bem como a objeção à concepção socialmente neutra e descontextualizada do fazer científico. A saber:

- *Contraposição à concepção puramente indutivista e ateórica do conhecimento científico, isto é, objeção à concepção que destaca o papel ‘neutro’ da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo (GIL-PÉREZ et al, 2001). Contraposição à ideia de um método empírico universal, elaborado unicamente a partir da experiência, baseado em um enfoque no qual o conhecimento advém da generalização indutiva a partir da observação, sem qualquer influência teórica ou subjetiva, e dessa forma supostamente capaz de assegurar a verdade absoluta às afirmações científicas (MOREIRA, et al. 2007), desconsiderando o papel da teoria, das hipóteses como norteadores do processo investigativo (DANIEL; PEDUZZI, 2009), bem como o fato de que os conceitos que a ciência utiliza é para formular explicações e modelos de que é feito o mundo e de como ele se comporta. Nossas observações e dados sobre fenômenos que observamos são dependentes do que já sabemos e de nossas interpretações e inferências sobre o significado desses dados e observações (FIGUEIRÊDO E PAULA; BORGES, 2008). As observações são carregadas de teorias (FERREIRA; MARTINS, 2012), uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente (FORATO et al., 2012), a teoria precede a observação que por si só, não é fonte de conhecimento (MOREIRA et al., 2007);*
- *Objeção à concepção aproblemática e/ou a-histórica do conhecimento científico, ou seja, contraposição a transmissão dos conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc, não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem (GIL-PÉREZ et al., 2001). Os problemas, longe de serem encarados como empecilho, colaboram para o desenvolvimento científico (CORDEIRO; PEDUZZI, 2010), historicamente determinado;*
- *Contraposição à concepção metodologicamente rígida do fazer científico, isto é, refere-se à forma como se concebe a realização de uma dada investigação, contrapondo-se à visão que apresenta o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente e a imagem que destaca o que se supõe ser um tratamento quantitativo,*

com controle rigoroso etc, esquecendo - ou, inclusive, recusando - tudo o que se refere à criatividade, ao caráter tentativo, à dúvida (GIL-PÉREZ et al, 2001). O conhecimento científico não é absolutamente provado e objetivo, pois ele não corresponde à realidade tal como ela é, uma vez que temos uma percepção limitada do universo, assim como as explicações e proposições elaboradas nas ciências são povoadas por entidades teóricas e baseadas em modelos e situações idealizadas, fruto da imaginação e criatividade dos cientistas, uma das razões pelas quais o conhecimento científico é sempre provisório (FIGUEIRÊDO E PAULA; BORGES, 2008). Um processo elaborado pelos homens, sujeito a erros, revisões e avanços (LONGHINI; NARDI, 2009), baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo, teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência (FORATO et al., 2012): o conhecimento científico tem natureza imaginativa, criativa, conjectural, hipotética e tentativa (MOREIRA et al., 2007);

- *Objeção à concepção exclusivamente analítica do conhecimento científico, isto é, objeção à divisão parcelar dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador (GIL-PÉREZ et al, 2001), à compartimentação dos estudos. Tal concepção esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, ou o tratamento de 'problemas-ponte' entre diferentes campos de conhecimento que podem chegar a unificar-se, como já se verificou tantas vezes e que a HC evidencia (GIL-PÉREZ et al. (2001). Há por trás de pesquisas pontuais diversos esforços para teorias unificadoras (CORDEIRO; PEDUZZI, 2010);*

- *Contraposição à concepção puramente acumulativa (de crescimento linear) do conhecimento científico, ou seja, objeção à interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos, para a qual o ensino pode contribuir ao apresentar os conhecimentos hoje aceitos sem mostrar como eles foram alcançados, não se referindo às frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança (GIL-PÉREZ et al, 2001). O processo de substituição de teorias aceitas por novas teorias como o resultado de um processo social de negociação para alcançar consenso sobre qual das teorias competidoras melhor explica os fatos e qual delas supostamente exibe maior potencial em termos de pesquisas futuras (FIGUEIRÊDO E PAULA; BORGES, 2008), bem como os conjuntos de conceitos e teorias que evoluem, não são imutáveis (MOREIRA et al., 2007). Há a constante possibilidade de desacordo entre os cientistas (FERREIRA; MARTINS, 2012), a natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidades (FORATO et al., 2012);*

- *Objeção à concepção individualista e elitista do conhecimento científico, isto é, objeção à visão de que os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes. Em particular, faz-se crer que o conhecimento científico é descoberto por cientistas brilhantes que, em geral, trabalham solitariamente em seus laboratórios (FIGUEIRÊDO E PAULA; BORGES, 2008); de que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria (GIL-PÉREZ et al, 2001). O conhecimento científico é um processo cooperativo, uma construção humana e coletiva (MOREIRA et al., 2007; FERREIRA; MARTINS, 2012);*

- *Contraposição à concepção socialmente neutra e descontextualizada do fazer científico, ou seja, contraposição à visão que esquece as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) e proporciona uma imagem deformada dos cientistas como seres fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções (GIL-PÉREZ et al, 2001). Como se a prática científica não sofresse influência de valores e interesses, de aspectos econômicos, sociais, políticos, culturais e históricos, ideológicos, isto é, como se fossem fatos históricos isolados de seu contexto*

(LONGHINI; NARDI, 2009), a ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época (FORATO et al., 2012).

Por concordar com a visão defendida/problematizada pelo professor, tais aspectos foram utilizados como parâmetro para captar e para recortar as falas dos estudantes quanto às suas concepções sobre a NdC. Procurou-se também contextualizar os recortes dessas falas inserindo dados do contexto de ensino, de modo que o leitor compreenda o que levou cada sujeito a fazer um dado comentário ou posicionamento e também saiba como foram implementadas as discussões sobre a NdC.

3.2 Conteúdos discutidos nas aulas

A seguir, e nessa ordem, a data, a atividade desenvolvida e o conteúdo discutido em cada aula da disciplina, semestre 2012.1:

- *Aula 01 (05-03-12): discussão sobre questões relativas à disciplina ECF (objetivo, material didático, conteúdo, metodologia, avaliação, entre outras);*
- *Aula 02 (08-03-12): capítulo 1 (De Thales a Ptolomeu) do livro de textos 1: “Força e movimento: De Thales a Galileu”;*
- *Aula 03 (12-03-12): capítulo 2 (A física aristotélica) do livro de textos 1;*
- *Aula 04 (15-03-12): capítulo 3 (A física da força impressa e do impetus) do livro de textos 1;*
- *Aula 05 (19-03-12): capítulo 4 (As novas concepções de mundo) do livro de textos 1;*
- *Aula 06 (22-03-12): discussão do artigo intitulado “Entrevista com Tycho Brahe” (MEDEIROS, A. Entrevista com Tycho Brahe, **Física na Escola**, v. 2, n. 2, p. 19-30, out. 2001.) - A vida e obra de Tycho Brahe;*
- *Aula 07 (26-03-12): capítulo 5 (Galileu e a teoria copernicana) do livro de textos 1;*
- *Aula 08 (29-03-12): capítulo 6 (A física de Galileu) do livro de textos 1;*
- *Aula 09 (02-04-12): capítulo 7 (As leis de Kepler do movimento planetário) do livro de textos 1;*
- *Aula 10 (05-04-12): capítulos 1 (Sobre René Descartes) e 2 (Sobre Isaac Newton) do livro de textos 2: “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana”;*
- *Aula 11 (16-04-12): capítulo 3 (A física e a cosmologia cartesiana) do livro de textos 2;*
- *Aula 12 (19-04-12): capítulo 4 (A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física) do livro de textos 2;*
- *Aula 13 (23-04-12): capítulo 5 (A Gravitação Newtoniana) do livro de textos 2;*
- *Aula 14 (26-04-12): capítulo 6 (Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação) do livro de textos 2;*

- *Aula 15: seminário 01 (03-05-12) - capítulo 1 (1.1 a 1.5) - Do átomo grego ao átomo de Dalton: um percurso através da história da física e da química - do livro de textos 3: "Do átomo grego ao átomo de Bohr";*
- *Aula 16: seminário 02 (07-05-12) - capítulo 1 (1.6 a 1.9) - Do átomo grego ao átomo de Dalton: um percurso através da história da física e da química - do livro de textos 3;*
- *Aula 17: seminário 04 (10-05-12) - capítulo 3 (3.1 a 3.8) - A espectroscopia, o elétron, os raios X e a radioatividade: prelúdio a uma nova física - do livro de textos 3;*
- *Aula 18: seminário 03 (14-05-12) - capítulo 2 (2.1 a 2.7) - Sobre o atomismo do século dezenove - do livro de textos 3;*
- *Aula 19: seminário 05 (17-05-12) - capítulo 4 (4.1 a 4.7) - O quantum de radiação - do livro de textos 3;*
- *Aula 20: seminário 06 (21-05-12) - capítulo 5 (5.1 a 5.10) - O átomo de Bohr - do livro de textos 3;*
- *Aula 21: seminário 07 (24-05-12) - capítulos 1 e 2 (1.1 a 2.5) – "Sobre o referencial absoluto newtoniano" e "O princípio da relatividade de Galileu" - do livro de textos 4: "A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica";*
- *Aula 22: seminário 08 (28-05-12) - capítulo 3 (3.1 a 3.6) - Sobre a luz - do livro de textos 4;*
- *Aula 23: seminário 09 (31-05-12) - capítulo 3 (3.7-3.12) - Sobre a luz - do livro de textos 4;*
- *Aula 24: seminário especial 01 (04-06-12) - Abordagem histórica e experimental da eletricidade: o eletroscópio;*
- *Aula 25: seminário especial 02 (11-06-12) - Critérios para avaliar a qualidade dos livros de física com enfoque na abordagem histórico-filosófica;*
- *Aula 26: seminário 10 (14-06-12) - capítulo 4 (4.1-4.9) – Da síntese de Maxwell à experiência de Michelson-Morley - do livro de textos 4;*
- *Aula 27: seminário 11 (18-06-12) - capítulos 5 e 6 (5.1-6.9) – "Prelúdio à relatividade: Poincaré" e "Lorentz e A teoria da relatividade especial" - do livro de textos 4;*
- *Aula 28: seminário 12 (21-06-12) - capítulo 7 (itens 7.1-7.7) - Sobre a relatividade geral - do livro de textos 4;*
- *Aula 29: seminário 13 (25-06-12) - capítulo 8 (8.1-8.4) - Considerações epistemológicas sobre a relatividade einsteiniana - do livro de textos 4;*
- *Aula 30: seminário 14 (28-06-12) - capítulos 1 e 2 (1.1-2.5) – "Da formulação teórica à identificação do pósitron" e "Da transmutação à fissão nuclear" - do livro de textos 5: "Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...";*
- *Aula 31: seminário 15 (02-07-12) - capítulo 3 (3.1-3.4) - Novas forças e partículas na Física - do livro de textos 5;*
- *Aula 32: seminário 16 (05-07-12) - capítulos 4 e 5 (4.1-5.6) – "A proliferação hadrônica e novas leis (regras) de conservação" e "Sobre os quarks de Gell-Mann, Nambu..." - do livro de textos 5.*

3.3 Concepções sobre a NdC discutidas nas aulas

A observação das aulas teve início no dia 05/03/12 e se estendeu até o dia 05/07/2012, conforme o conteúdo discutido nas aulas.

Na primeira aula (05/03/2012), o professor tratou de questões relativas à disciplina ECF (objetivo, material didático, conteúdo, metodologia, avaliação, sistema virtual de apoio aos cursos presenciais – disciplina ECF, pesquisa, entre outras) sem ainda discutir os capítulos do livro de textos por ele produzido.

Na aula 02 aflorou, basicamente, a discussão sobre a concepção que não considera o papel da teoria no processo de construção do conhecimento científico e sobre a imagem que põe à vista o processo coletivo e cooperativo do fazer científico. Nessa aula ainda surgiu, assim como na aula 03, objeção à concepção na qual a evolução dos conhecimentos científicos é de crescimento linear (ignorando as confrontações entre teorias rivais e controvérsias científicas). Na aula 03 ainda aflorou a concepção elitista do conhecimento científico e crítica à imagem metodologicamente rígida da ciência.

Na aula 04 o debate girou, predominantemente, em torno da concepção na qual leis e teorias físicas não são verdades fixas e imutáveis, mas sim provisórias até que sofram modificações ou surjam novas explicações. Na aula 05, por sua vez, preponderou a discussão sobre a visão na qual a evolução dos conhecimentos científicos é alcançada com confrontações entre teorias rivais e controvérsias científicas, bem como que tais conhecimentos sofrem influência do contexto sociocultural da época.

A aula 06 voltou-se à discussão em torno da objeção à concepção que não considera o papel da teoria no processo de construção do conhecimento científico e à imagem metodologicamente rígida da ciência. A influência de fatores externos na disputa científica e a importância da base teórica no processo de construção do conhecimento científico, foram a tônica da aula 07.

Na aula 08 o debate concentrou-se no papel da experimentação num dado contexto histórico, sobretudo, na importância da base teórica. Já na aula 09 discutiu-se a influência teórica nas observações científicas.

O trabalho científico no que diz respeito às suas metodologias foi o foco da aula 10. A aula 11 pautou-se em torno da discussão entre o contexto da descoberta e o contexto da justificação.

Na aula 12 surgiram, preponderantemente, concepções sobre o papel da experimentação na construção do conhecimento científico, enquanto que, nas aulas 13 e 14, embora o texto/capítulo não fosse sobre a metodologia científica, predominaram concepções sobre esse tema a partir dos aspectos epistemológicos que a narrativa histórica transmite.

Os comentários dos estudantes participantes das discussões da aula 14, por exemplo, desvelaram a visão de um suposto método científico como um conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente.

Na aula 15 afloraram concepções sobre os conhecimentos já elaborados e historicamente determinados acerca do trabalho coletivo e cooperativo, bem como acerca do papel da teoria no processo de construção do conhecimento científico.

Na aula 16 a discussão girou em torno da imagem empírico-indutivista da ciência. Na aula 17 o debate sobre a concepção na qual a evolução dos conhecimentos científicos não é imutável e é alcançada com confrontações entre teorias rivais e controvérsias científicas, sobressaiu-se em relação a discussão sobre o papel da teoria e do trabalho coletivo e cooperativo no processo de construção do conhecimento científico.

A disputa científica, a influência teórica e o trabalho coletivo e cooperativo no processo de construção do conhecimento científico foram citados na aula 18.

Na aula 19 foi mencionada a objeção à imagem metodologicamente rígida da ciência e à concepção na qual a evolução dos conhecimentos científicos é de crescimento linear, a-histórica e individualista.

Na aula 20 aflorou a contraposição à imagem metodologicamente rígida da ciência. Já nas aulas 21, 22 e 23 o debate, relativo à NdC, concentrou-se na imagem empírico-indutivista da ciência. Na aula 23 ainda foi feita objeção à concepção aproblemática e individualista da ciência.

Na aula 24 as falas contrapuseram-se à imagem individualista e neutra da ciência e à concepção de um suposto método científico como um conjunto de etapas

a serem seguidas mecanicamente. A aula 24 também tratou sobre o papel da teoria e das hipóteses no processo investigativo.

Na aula 25 discutiu-se os critérios eliminatórios e de qualificação dos aspectos relativos à construção do conhecimento científico, presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009, disciplina física, que vão ao encontro da concepção defendida/problematizada pelo professor da disciplina ECF. Os estudantes presentes concordaram com tais critérios.

Na aula 26 a apresentação pautou-se no papel do experimento no contexto da época; na influência de um trabalho sobre outro; no papel da teoria e das hipóteses no processo investigativo e na unificação de conhecimentos.

A importância dos experimentos para o desenvolvimento científico, a inexistência de um suposto método, o papel da teoria e das hipóteses no processo investigativo e a objeção à concepção aproblemática e a-histórica do conhecimento científico, foram mencionados na aula 27.

A aula 28 aflorou a objeção ao papel neutro (sem influência teórica) da observação sobre fenômenos.

O diacronismo, a influência do contexto sociocultural de cada época na atividade científica e o processo de substituição de teorias aceitas por novas teorias, foram os temas debatidos na aula 29.

Na aula 30 mencionou-se a inexistência de um suposto método científico. Já na aula 31 prevaleceu a discussão sobre a visão individualista e elitista do conhecimento científico.

Por fim, na aula 32 o foco, no que se refere à NdC, foi o diacronismo, a metodologia científica e a evolução histórica do conhecimento científico.

3.4 Aspectos relativos à NdC contidos nas resenhas⁴⁴

No geral, os posicionamentos dos estudantes sobre aspectos acerca da NdC, extraídos da resenha sobre o livro de textos 5 (“Do próton de Rutherford aos

⁴⁴Em especial, os comentários e os posicionamentos do(s) estudante(s) sobre aspectos relativos à NdC.

quarks de Gell-Mann, Nambu...”), concordam com a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor:

a) Resenha de E1 e E14

- *“Ao estudar a ciência, não podemos nos dar ao capricho de entendê-la sem levar em consideração o contexto na qual ela foi construída. A reflexão da história que permeou esta ciência é tão importante quanto à tomada de conhecimento dos seus pressupostos teóricos” (...)*
- *“(...) Enfim, a construção do conhecimento não é tão singela como muito se divulga”.*
- *“(...) corroborando com essa obra, a própria história da ciência se mostra incrustada de evidências de que o conhecimento é e sempre será provisório”.*

b) Resenha de E2 e E4

- *“Quando observamos os livros didáticos de física vemos neles apenas o produto final de um emaranhado e complexo conjunto de trabalhos que foram desenvolvidos ao longo do tempo por várias pessoas que tinham um escopo de estudo. O processo pelo qual a ciência é construída fica à parte dos livros didáticos omitindo, portanto, o importante processo de criação e o contexto em que foram elaboradas todas as teorias e sínteses que aparecem nos livros. A análise da dinâmica pela qual a ciência é produzida e desmistifica algumas dispomos tais quais a de que existem gênios isolados que aleatoriamente num dado período realizam uma síntese sem a colaboração de outros cientistas tem que passar para produzir conhecimento científico e colaborar assim com o progresso da ciência. ”*
- *“O livro “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu” de L. Peduzzi, além de ser uma excelente transposição didática dos complexos conteúdos da física moderna, traz em seu conteúdo a análise histórica da evolução da Física do séc. XX onde podemos perceber as ideias equivocadas que possuímos acerca da construção da ciência. ”*
- *“(...) aqui percebemos, de antemão, no mínimo dois métodos distintos pelo qual se pode chegar a conclusões na física; a utilização de um desses caminhos conduziu Dirac à previsão de uma nova partícula, o pósitron, essa proposição passa por absurdo enquanto a experiência não comprovar experimentalmente a existência dessa partícula, uma vez que não podemos obrigar a comportar-se conforme as nossas equações, mas estas ganham consistência na medida em que possuem respaldo nos dados experimentais. ”*
- *“O desenvolvimento da mecânica quântica é uma etapa interessante da história da física, pois não dispõe de uma interpretação apenas, mas várias interpretações, em destaque temos a mecânica de Schrödinger e a de Heisenberg. O séc. XX parece apresentar um estreitamento dos periódicos em que um problema se manteve insolúvel, enquanto a física de Aristóteles perdeu força apenas em meados de 1500; no séc. XX houve muitas descobertas em um curto espaço de tempo, com o advento das teorias de Einstein e a mecânica quântica. ”*
- *“Segundo Einstein ‘é a teoria que decide o que observar’. Tal qual Dirac, essa citação nos mostra que existem diferentes maneiras para o cientista formular seu trabalho (...)”*
- *“(...) vemos que a palavra intuição ou ‘insight’ aparece com frequência no texto o que colabora com essa ideia de que não existe um método rígido. ”*

- *“Desse resultado seria interessante se o livro apontasse alguns aspectos sobre a ética da ciência, afinal questionamos o método pelo qual ela está sendo desenvolvida, mas não observamos a maneira pela qual fazemos uso desses resultados e certamente a utilização dos conhecimentos da física nuclear para fins belicosos e destrutivos, como tivemos o exemplo na história, tem uma influência no desenvolvimento da ciência e do cientista.”*

c) Resenha de E3 e E11

- *“Analisando o livro, principalmente os dois primeiros capítulos, podemos ter uma ideia errônea de cientistas gênios, que trabalham de forma individual e surgem com teorias prontas, pois se conta apenas os acertos destes. (...)”*
- *“(...) ao contrário dos demais livros, este apresenta, em geral, os acertos, nos dando uma ideia equivocada de linearidade dos fatos(...)”*

d) Resenha de E5 e E9

- *“(...) logo, mostrar aos estudantes sobre o caráter histórico vivenciado na época, salientando e discutindo com eles sobre a mudança de paradigma, bem como, o processo de construção do conhecimento, pode ser mais significativo do que simplesmente apresentarmos de forma linear os modelos atômicos.”*

e) Resenha de E6 e E17

- *“(...) nessa parte é importante destacar que, se não fossem as resistências em aceitar as ideias introduzidas por Dirac em sua teoria, a descoberta do pósitron poderia ocorrido muito antes do que ocorreu.”*
- *“(...) Uma coisa das coisas que chamou a atenção foi o longo processo da descoberta do próton, que como foi ressaltado no texto, só foi ‘descoberto oficialmente’ em 1919. Uma coisa que achamos relevante nessa parte é que a descoberta recente dos isótopos, que eram mais um indício de que o núcleo não era formado apenas por prótons, levou Rutherford a construir um modelo para o núcleo o qual tinha um próton e um elétron girante e, portanto, teria carga nula, mas, contudo, não foi corroborado pela experiência. É bom saber que até mesmo os grandes cientistas estão de fato sujeitos ao erro.”*
- *“(...) muito intrigante como é colocado no texto o empenho de vários grupos de cientistas no bombardeamento de átomos por nêutrons. O que nos parece é uma certa corrida dos diferentes laboratórios para obter novos isótopos e até mesmo novos elementos. É interessante a parte do texto que retrata que ‘convicções teóricas do pesquisador, tão necessárias ao desenvolvimento de seu trabalho, por vezes interferem tão fortemente em sua investigação que protelam, ou mesmo impedem, a realização de uma grande descoberta’, evidenciando essa afirmação com uma citação de Hahn. Vemos que apenas Otto Hahn recebeu o Prêmio Nobel pela descoberta da fissão nuclear, apesar do próprio Hahn não deixar dúvidas das importantes participações e contribuições de outros cientistas.”*

f) Resenha de E7

Na resenha de E7 sobre o livro de textos 5 (“Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...”), não há posicionamentos explícitos sobre a NdC.

g) Resenha de E8 e E16

- *“Não se atendo somente a evolução cronológica dos entendimentos científicos de cada época, é possível perceber como o conhecimento de uma comunidade científica muda com o tempo. Podemos dizer que o que é aceito como ‘verdade’ em determinado momento, sofre influência da situação social, cultural e econômica, ao qual estão inseridos os principais atores construtores de conhecimento. ”*
- *“(…) Quando Carl Anderson identificou o pósitron (nomeado, então, desta forma), não utilizou um método científico pré-estabelecido, tal qual uma receita de bolo. ”*
- *(…) desta forma, podemos concluir, a partir desse fato, que os cientistas não são tábuas rasas e construtores absolutos de suas próprias concepções científicas. Em algum momento, as influências de seus predecessores aparecem. O que nos faz questionar sobre o que realmente é uma descoberta revolucionária. ”*
- *“Uma pergunta não tratada no texto é porque Occhialini e, especialmente, Lattes não foram contemplados também com o Prêmio Nobel. Em nossa modesta opinião, caso esses estudos fossem realizados atualmente, onde o Brasil possui lugar de destaque no cenário econômico, o brasileiro seria sim contemplado. Ou seja, acreditamos que Cesar Lattes não ganhou o Prêmio Nobel por uma questão socioeconômica e política mundial. ”*
- *“Vários foram os cientistas que colaboraram com estudos em raios cósmicos, apesar de não termos citados aqui. Esse ponto também evidencia que a ciência não se desenvolve de maneira individualista. ”*
- *“Portanto, após esse passeio pela obra do professor, podemos chegar a algumas considerações bastante contundentes. Várias são as concepções equivocadas que trazemos conosco. A história não foi nos passada de forma fidedigna. Carregamos mitos e lendas que acabam tornando-se verdade em nossas concepções. E, o que acreditamos ser a lição mais importante do livro ‘Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-mann, Nambu...’ o conhecimento é sempre provisório. ”*

h) Resenha de E10 e E15

- *“Notou-se a falta de uma abordagem um pouco mais aprofundada da conjuntura histórica das descobertas, ainda que não seja o objetivo principal do texto. Por exemplo, a segunda guerra mundial teve grande influência sobre a produção científica dessa época, e inclusive direcionava pesquisas para determinadas áreas, como a da fissão nuclear. Em alguns momentos o autor de fato apresenta brevemente algumas influências da conjuntura política da época (...)*
- *“(…), no entanto, considerando-se que no texto são tratados assuntos bastante recentes, seria interessante trazer mais alguns elementos da história e da política da época para contestar a visão aproblemática e a-histórica da ciência. “*
- *“Por outro lado, a contestação da visão empírico-indutivista e ateórica da ciência foi muito bem articulada, como por exemplo (...)”*

- *“Um ponto que permeia as discussões ao longo do texto é como as convicções teóricas do estudioso influenciam seu trabalho e como essas convicções estão atreladas às experiências, gerando diferentes interpretações para um mesmo experimento. O resultado é uma mensagem perene de que não há método rígido (algoritmo, exato, infalível, ...) para a construção do conhecimento científico.”*
- *“A crítica à atribuição do Nobel a Powell e não a Lattes é bastante discreta, mas leva o leitor a refletir sobre o papel de cada cientista em um trabalho, e como a premiação pode, eventualmente, olvidar as contribuições de várias pessoas.”*
- *“(…) apresentando a forma como muitos conceitos foram construídos, o autor mostra ao estudante as convicções dos cientistas por traz daquela matematização que os estudantes estão acostumados a ver, levando-se a refletir nas diversas formas em que conhecimento pode ser construído.”*

i) Resenha de E12

- *“Resumindo, no capítulo 1 o autor além de discutir o método de se fazer ciência pelos físicos teóricos, começa a mostrar o que o leitor deve esperar do texto: muitas mudanças na física que parecia estar consolidada.”*
- *“(…) se a ideia era fazer menção a história da época, faltou apresentar a influência sofrida pela ciência nesse período(…)”*
- *“(…), mas o que estamos fadados na ciência é que tudo está em transformação, nada é consolidado, em síntese, chegamos à conclusão provisória do conhecimento científico. Além de aprendermos que a ciência definitivamente não é composta por gênios isolados, nem tem um método a ser seguido e está no ponto que se encontra devido às muitas perguntas que queremos responder, devido aos erros cometidos e devido a imensa curiosidade e vontade de evoluir do ser humano.”*

j) Resenha de E13

Na resenha sobre o livro de textos 5, E13 não aponta claramente suas concepções sobre aspectos da NdC, tendo em vista a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor.

k) Resenha de E18

E18 elaborou sozinho a resenha do livro de textos 5. Seus posicionamentos e comentários sobre a NdC, extraídos da resenha, concordam com a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor:

- *“(…) da obra já obtemos alguns apontamentos sobre como esta história será contada, por um lado as teorias apresentam, conforme Dirac, dois caminhos. O físico pode partir da base experimental e a partir dessa base procurar estabelecer uma teoria que englobe os fatos observados. O que deveras é a crença de muitos, com o método científico, talvez por parte de como os livros-textos e demais curso algumas vezes são ministrados. Ou podemos partir da base matemática disponível, eliminando certas incongruências e procurando unir teorias já previamente dissociadas. Dirac se exemplifica partindo da*

maneira como Schrödinger e Heisenberg trabalharam nos seus esforços para entender o mundo quântico. Enquanto para Schrödinger a base de sua teoria não poderia deixar de lado as ondas de matéria de Louis De Broglie, um fundamento teórico. Para Heisenberg os físicos deveriam se ater somente as grandezas observáveis e, portanto, experimentais, ao tentar solucionar o quebra-cabeça quântico. Esses dois posicionamentos já deixam claro a diversidade com que o estudo científico pode ser elaborado, contudo teremos outros exemplos diferentes no decorrer da obra. ”

- *“Entretanto pouco se diz a respeito de como um físico que trabalha por meio de experimentos deve realizar seu trabalho. Esta questão pode ser melhor entendida, ou pelo menos ilustrada, através do estudo dessa obra. Não me refiro aos métodos científicos, mas sim na desmitificação de que o homem, indivíduo que estuda a natureza, a observa com mente totalmente crua. ”*
- *“(…) quanto as investidas experimentais, observamos logo de início, com a descoberta do pósitron, primeira antipartícula encontrada, que nem tudo é claro e objetivo dentro da ciência. Nesta mesma obra temos diversas abordagens diferentes com relação a como os experimentos influenciam e são influenciados dentro da física. O pósitron foi proposto por Dirac e aparecia naturalmente em sua teoria, entretanto, por mais que pensemos que naturalmente os físicos da época fossem procurar esta partícula, não foi isso que ocorreu (...)”*
- *“Todavia não devemos nos esquecer, e novamente percebemos ao olhar o caminho histórico percorrido, que o ser humano cresce a cada nova descoberta, pois é novamente Carl D. Anderson que descobre o primeiro méson, e desta vez através de pistas deixadas pela teoria e muito trabalho árduo, no sentido de aperfeiçoar tantos experimentos e métodos de maneira a finalmente corroborar com a teoria que vinha sendo proposta. É de vera curioso perceber, que o mesmo homem, teve atitudes bem diferentes com relação a como conduzir seus experimentos. ”*
- *“Talvez o ponto que mais se destaque na obra seja como, experimento e teoria, se completam e avançam continuamente (...)”*

I) Resenha de E19

E19, durante sua trajetória, não ressaltou explicitamente sua visão de ciência. Os posicionamentos em relação à NdC, extraídos da sua resenha sobre o livro de textos 5, concordam com a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor por contrapor-se com várias imagens “deformadas” do conhecimento científico.

3.5 Sobre a trajetória dos estudantes quanto às suas concepções sobre a NdC

Conforme as observações sistemáticas das aulas, respostas dos estudantes ao questionário aplicado e documentos da disciplina, os elementos, a seguir, foram determinantes para aflorar as concepções dos estudantes sobre a NdC e para influenciá-las, ainda que haja superposição entre eles:

- a. Livro de textos;*
- b. Professor;*
- c. Contexto de sala de aula.*

Para não tornar o texto demasiadamente extenso e cansativo, apresento no quadro 03 (página 67), uma síntese das trajetórias individuais dos estudantes (sem apresentar o contexto que levou o estudante a fazer o posicionamento/comentário em destaque) quanto às suas concepções sobre a NdC⁴⁵. Nessa síntese, primeiro são apresentadas algumas informações sobre a experiência dos estudantes com HFC e suas concepções acerca da NdC no decorrer da disciplina (item 3.5.1), dados da resenha e do questionário aplicado.

Dos 19 estudantes inscritos na disciplina, oito estudantes (E2, E5, E6, E8, E14, E17, E18 e E19) não preencheram o questionário aplicado⁴⁶. Isso deixou uma lacuna na análise das trajetórias individuais desses estudantes. Os dados do quadro 03 indicam que todos os estudantes se posicionaram pelo menos uma vez em concordância com aspectos relativos à visão de ciência defendida/problematizada pelo professor.

De acordo com o quadro 03, os licenciandos cursaram disciplinas obrigatórias que tratam do uso didático da abordagem histórico-filosófica, mas que não são voltadas unicamente à HFC (Instrumentação para o Ensino de Física A – IEFA e Didática Geral - DG), mas os bacharelados, não. Apesar disso, observou-se, a partir da análise dos questionários respondidos por E1, E3, E4, E7, E9, E10, E11, E12, E13, E15 e E16, que não há uma diferença significativa entre os estudantes que seguirão carreiras distintas quanto à receptividade ao material didático e às atividades de ensino, e como eles veem a NdC e percebem a importância da disciplina ECF na sua formação, com exceção de E3 que acha a HFC interessante, mas não necessária para o curso de bacharelado.

Conforme as informações prestadas no questionário (aplicado no final do semestre acadêmico 2012.1), os dados coletados a partir da plataforma *moodle* (sistema de apoio aos cursos presenciais) e as observações das aulas, os estudantes possuem um histórico de vivência sobre a NdC: fase final do curso de

⁴⁵Pela mesma razão, as resenhas, os questionários respondidos e os mapas de episódio não estão na tese como anexo nem como apêndice.

⁴⁶ Conforme o TCLE (apêndice D, página 139), a participação dos estudantes na pesquisa foi de caráter livre e voluntário, não havendo nenhum tipo de obrigatoriedade para preencher, por exemplo, o questionário e/ou conceder entrevista.

graduação, alguns com bolsa de iniciação científica, experiência com HFC (leitura independente, disciplina optativa de cunho histórico-epistemológico e/ou obrigatórias que tratam do uso didático da HFC).

Ainda assim, E8 e E11 revelaram, explicitamente, uma concepção que não concordava com a visão defendida/problematizada pelo professor, mas que apresentou mudança no decorrer da disciplina.

E8, nas aulas 04, 08 e 14, não concordava com a visão defendida/problematizada pelo professor, no que diz respeito à forma como se concebe a realização de uma dada investigação, mas na aula 23 (seminário 09) mudou de ideia. Nessa aula, E8 fez objeção a visão que apresenta o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente, uma discussão já recorrente, em maior ou menor grau, nas aulas 02, 03, 04, 05, 06, 08, 10, 12, 13, 14, 19 e 20.

E11 também manifestou, explicitamente, uma concepção metodologicamente rígida do conhecimento científico na aula 14 (página 181). Na primeira parte dessa aula, E11 apresentava essa concepção. Contudo, na segunda parte da aula, E11 mudou de ideia após mediação do professor.

E1, E14 e E18 discordaram de outros aspectos relativos à visão de ciência defendida/problematizada pelo professor (E14 na aula 03; E1 e E18 na aula 29), mas não apresentaram um padrão de mudança no decorrer das aulas.

E2, E3, E4, E5, E7, E10 e E17 expuseram questionamentos e/ou posicionamentos ao longo das aulas que claramente sinalizavam concepções sobre a NdC em acordo com a visão do professor, mas no final da disciplina, aqueles que responderam o questionário (E3, E4, E7 e E10) revelaram, direta ou indiretamente, que tinham concepções “errôneas” sobre o fazer científico (concepção a-histórica, individualista e metodologicamente rígida do conhecimento científico), tendo como parâmetro a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor.

Os outros estudantes (E6, E9, E12, E13, E15, E16 e E19), mesmo atentos às discussões de natureza histórico-epistemológicas que ocorreram durante as aulas, quase que não expuseram questionamentos e/ou posicionamentos, ao longo da disciplina, que explicitamente sinalizassem suas concepções sobre a NdC.

Apesar do esforço do professor, as discussões em sala de aula não foram suficientes para fazer com que todos os estudantes participassem continua e espontaneamente dos debates (MASSOINI; MOREIRA, 2007) e para que eu pudesse captar - mesmo que de participações esporádicas ou induzidas pelo professor e pelos demais estudantes – suas concepções sobre a NdC. Esse papel foi complementado por atividades em grupo na sala de aula, pelos seminários apresentados pelos estudantes, pelos dados extraídos das resenhas e pelas informações cedidas ao questionário aplicado.

Os mapas de episódio mostram que as primeiras aulas da disciplina não forneceram elementos suficientes para supor que as concepções dos estudantes sobre a NdC eram “inadequadas” em relação à visão de ciência defendida/problematizada pelo professor ou fortemente associadas a imagem empirista/indutivista (MASSONI; MOREIRA, 2007). Talvez porque os textos discutidos na disciplina não remetam apenas à evolução histórica de conceitos científicos, mas também à problematização da NdC. Sua leitura, *a priori*, já influencia as trajetórias individuais dos estudantes no que diz respeito às suas concepções sobre o fazer científico.

Ao longo do semestre foi possível perceber que as falas e intervenções espontâneas dos estudantes sobre a NdC, concentraram-se em poucos deles, dentre eles, E8, E10, E11 e E18. A seguir a relação, por aula, dos estudantes que participaram com falas e intervenções explícitas sobre aspectos relativos à NdC.

- Aula 02 (E10, E11 e E18);
- Aula 03 (E8 e E14);
- Aula 04 (E3, E4, E6, E8, E10, E11, E14 e E18);
- Aula 05 (E2, E11 e E18);
- Aula 06 (E3, E5, E11, E14 e E18);
- Aula 07 (E7, E11 e E18);
- Aula 08 (E1, E2, E3, E4, E5, E7, E8, E10, E11, E13, E14, E17 e E18);
- Aula 09 (E4, E7, E8 e E11);
- Aula 10 (E8, E10 e E17);
- Aula 11 (E7, E8, E11, E17 e E18);
- Aula 12 (E2, E4, E7, E10, E11, E14, E16 e E18);
- Aula 13 (E1, E2, E4, E7, E8, E10, E14 e E18);
- Aula 14 (E2, E4, E8, E11 e E18);

- *Aula 15 (E11 e E12);*
- *Aula 16 (E7, E8, E10, E11 e E15);*
- *Aula 17 (E1, E5, E7 e E14).*
- *Aula 18 (E9 e E17);*
- *Aula 19 (E2 e E4);*
- *Aula 20 (E6 e E17).*
- *Aula 21 (E8, E10 e E12);*
- *Aula 22 (E3);*
- *Aula 23 (E5 e E8);*
- *Aula 24 (E8);*
- *Aula 25 (E1, E3, E5, E7, E9, E10, E12, E13, E14, E15, E16 e E19);*
- *Aula 26 (E7 e E18);*
- *Aula 27 (E10 e E15);*
- *Aula 28 (E16);*
- *Aula 29 (E1, E8, E14, E17 e E18);*
- *Aula 30 (E10);*
- *Aula 31 (E8 e E16);*
- *Aula 32 (E2, E4, E11 e E18).*

Isso, entretanto, não quer dizer que o livro de textos, o professor e o contexto não tenham sido adequados para fazer emergir as concepções dos estudantes que pouco participaram com falas e intervenções explícitas sobre aspectos relativos à NdC, haja vista as resenhas por eles elaborada, as respostas aos questionários e as diferentes concepções sobre a NdC que afloraram e foram discutidas repetidas vezes durante a disciplina (item 3.3 deste capítulo).

Quadro 03: Síntese das trajetórias individuais dos estudantes quanto às suas concepções sobre a NdC

Estudantes que responderam o questionário	Experiência com HFC	Visão de ciência ao longo da disciplina	O que mudou na sua concepção sobre a NdC?
E1	Disciplinas que tratam do uso didático da abordagem histórico-filosófica, mas que não são voltadas unicamente à HFC (Instrumentação para o Ensino de Física A – IEFA e Didática Geral - DG). E1 também possuía leitura independente sobre HFC (revistas não científicas).	Na aula 08, E1 afirmou que a parte experimental tem uma base teórica, mas para ser ciência experimental tem que tentar. Na aula 13 contrapôs-se a ideia dos cientistas como gênios isolados. Na aula 17, E1 alertou sobre a concepção empírico-indutivista e a visão individualista do trabalho científico. Na aula 25 (página 197), E1 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009 (itens listados pela visão de consenso). Na aula 29 fez objeção à visão de que a ciência é neutra. Nessa aula também fez ressalvas ao processo de substituição de teorias aceitas por novas teorias, indo de encontro ao que o professor defendeu.	E1 escreveu que muito se pensa no tal método científico consolidado que deve ser adotado e no desenvolvimento da ciência conseguido apenas por gênios, mas que o conceito da ciência sendo desenvolvida por um cientista como se fosse um observador neutro é bastante contestado pelos próprios fatos ao longo da história. E1 disse ainda que a reflexão sobre as concepções “equivocadas” da ciência teve uma contribuição significativa na sua formação.
E3	Sem experiência com HFC.	Na aula 04, E1 referiu-se à força/interferência de quem é considerado autoridade num dado assunto, também sugeriu que teorias não são descobertas, mas que são propostas tentativamente e verificadas experimentalmente em alguma medida. Nas aulas 06 e 08 afirmou que o conhecimento científico não surge do nada, tampouco de um dia para o outro, que o fazer científico está carregado de pressupostos teóricos. Na aula 08, concordou que Galileu usou o experimento para corroborar as hipóteses e não para construí-las. Na aula 22, valorizou o papel da hipótese como orientadora do processo investigativo e do experimento para confirmá-la. Na aula 25 fez o mesmo que E1.	E3 escreveu que muitas vezes achamos que o cientista trabalha sozinho e cria toda a teoria sem usar conceitos já descritos anteriormente, que eles nunca erram e sempre tem as ideias certas e executam com perfeição. E3 revelou ainda que durante as aulas do Ensino Médio não temos a ideia de tentativa e erro, no qual alguns cientistas se baseiam.

E4	Cursou as disciplinas IEFA e DG e não possuía leitura independente sobre HFC.	Na aula 04, E4 surpreendeu-se com o fato do experimento à época de Aristóteles não ter a mesma importância que se tem hoje. Na aula 08, E4 destacou a genialidade de Galileu e do experimento do plano inclinado. Nas aulas 09 e 13, E4 criticou o <i>insight</i> (“descoberta em um estalo”) sem base teórica. Nas aulas 12 e 14 comentou o fato da prática científica sofrer influência externa. Na aula 13, E4 mencionou a diferença entre a linguagem utilizada por Newton nos Principia e a usada no Óptica. Na aula 19, E4 chamou a atenção do processo coletivo que envolve o fazer científico. Na aula 32 comentou que na Física Contemporânea os experimentos vão se aprimorando à medida que as teorias vão avançando.	E4 disse que a disciplina mudou sua visão sobre como a ciência é feita ou como o cientista faz seu trabalho, mas não deu exemplos para ilustrar sua resposta. Citou a importância de sabermos como a ciência aconteceu, como o conhecimento científico foi sendo construído e que gosta de saber como a ciência evoluiu.
E7	Cursou as disciplinas IEFA e DG e não possuía leitura independente sobre HFC.	Nas aulas 07 e 17 alertou sobre a importância das bases teóricas no fazer científico. Na aula 08 disse que: a lendária experiência da torre de Pisa parece que foi de um dia para o outro; que o papel da experimentação em Galileu é para dar validade a teoria dele e que Galileu trabalhou em diferentes áreas. Na aula 09, E7 criticou a visão empírico-indutivista e ateórica da ciência e o <i>insight</i> na construção do conhecimento científico. Na aula 11 chamou a atenção sobre o fato de uma descoberta ao acaso e o uso da influência política na ciência. Na aula 12 concordou com o professor que Newton não fazia seus experimentos do nada e comentou o fato de Newton ter as ideias dos anteriores. Na aula 13 comentou que Newton tinha prestígio como cientista e já contava com as ideias de outros cientistas. Na aula 16 mencionou a provisoriabilidade do conhecimento científico. Nas aulas 17 e 26 criticou a visão de crescimento linear do conhecimento científico. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009.	Escreveu que a disciplina apagou a ideia de que a ciência é sempre feita por um gênio; que são os gênios que mudam a ciência; e que nós temos que nos contentar em esperar o aparecimento de um gênio para que ele resolva os problemas.

E9	Cursou as disciplinas IEFA e DG.	Na aula 18 comentou que o atomismo do século XIX, o átomo ora é personagem central, ora está sempre acirrando disputas científicas. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009.	Escreveu que as descobertas não ocorrem instantaneamente, as teorias não são criadas de um dia para o outro, que não podemos descontar a parte temporal da Física e que o cientista na época também precisou do seu tempo para desenvolver conhecimento.
E10	Cursou a disciplina optativa Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência e leu a biografia de alguns cientistas, dentre eles Einstein e John Nash).	Na aula 02 chamou a atenção sobre o papel das hipóteses no processo investigativo, bem como que não há um método científico como um conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente. Na aula 04 argumentou acerca do processo de substituição de teorias aceitas por novas e sobre a influência do contexto sociocultural na prática científica. Na aula 08, E10 disse, quase que diretamente, que a teoria precede a experimentação. Na aula 10 questionou o fato da defesa de uma teoria que pode sofrer interferência a qualquer momento. Na aula 12 mencionou que as coisas parecem que começaram a avançar muito mais rápido quando a experimentação já fazia parte do processo de construção do conhecimento. Na aula 13, E10 contrapôs-se a concepção individualista do fazer científica. Na aula 16 fez jus ao desenvolvimento histórico da ciência. Na aula 21 disse que Newton supôs primeiro, isto é, não partiu da experiência. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009. Na aula 27 (seminário 11), E10 começou o seminário com a seguinte pergunta: qual a importância dos experimentos para o desenvolvimento da ciência? Na aula 30 disse que a descoberta do pósitron ilustrou a não existência de um método científico.	E10 escreveu que tinha uma visão completamente errônea sobre a forma como a ciência é feita, que pôde perceber que mesmo os erros são importantes na construção do conhecimento científico, que estudar a forma como os conceitos que conhecemos hoje foram construídos a fez olhar de outra maneira para esse processo, fazendo-a perceber que a ciência é feita na maioria das vezes por muitos e considerando muitas vezes conceitos que já haviam sido sugeridos no passado.

E11	Cursou a disciplina optativa Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência e possuía leitura independente sobre a história das mulheres na Física.	Na aula 02, não considerou o papel da teoria no processo de construção do conhecimento científico ao dizer que algo poderia ser desenvolvido do nada. Nas aulas 04, 05, 06, 07 e 08 chama atenção sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento, de que nada surgiu do nada. Na aula 09 questionou a generalização feita por Kepler. Na aula 11 disse ter curiosidade sobre o contexto da descoberta e mostrou-se a favor da compartimentação dos estudos. Na aula 12 comentou que o conhecimento ficou rápido quando a experimentação, na época em discussão, já fazia parte da construção do conhecimento e indagou sobre a experiência sem base teórica não levar a nada, bem como a teoria sem comprovação. Na aula 14 apresentou uma concepção metodologicamente rígida do fazer científico (visão de um suposto método científico), mas na segunda parte da aula 14 mostrou outra visão sobre isso. Nas aulas 15, 16 e 32, E11 valorizou a concepção história do conhecimento científico.	Citou a não existência do método científico como uma sequência rígida de passos a serem seguidos, a concepção de que os cientistas são pessoas que dedicaram uma vida inteira ao trabalho, não eram gênios que construíam as coisas do nada, mas sim pessoas que também erravam e em muitos momentos se baseavam no passado.
E12	Sem experiência com HFC.	Na aula 15, E12 criticou a visão a-histórico e a concepção individualista da ciência. Ainda na aula 15 e na aula 21, E12 também criticou a visão empírico-indutivista da ciência. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009. Os comentários sobre a NdC, extraídos da sua resenha, concordam com a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor no que diz respeito à influência sofrida pela ciência, à provisoriedade do conhecimento científico e à inexistência de gênios isolados e de um método a ser seguido, bem como que a ciência está no ponto que se encontra devido às muitas perguntas que queremos responder, devido aos erros cometidos e a imensa curiosidade e vontade de evoluir do ser humano.	Revelou que tinha muito a imagem dos cientistas como gênios isolados, até então nunca derrubada ao longo do curso por nenhum professor, bem como a concepção de que físicos só estudam por estudar, porque é divertido, quando na verdade os físicos sempre desenvolveram algo em busca de grandes respostas, além de muitos fatos históricos e lendas, mas as imagens da Física foram as mais importantes.

E13	Sem experiência com HFC	Na aula 08 fez objeção a visão ateórica do conhecimento científico. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009.	Declarou que já tinha uma noção, mas que foi bom ver em detalhes.
E15	Sem experiência com HFC.	Na aula 16, E15 destacou o processo cooperativo de construção e visão ateórica do conhecimento científico. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009. Na aula 27, fez objeção a visão metodologicamente rígida do fazer científico.	E15 disse que pelo menos uma disciplina como ECF faz o estudante pensar em como a Física foi construída, nas contribuições de cada cientista, o que desmistifica muitas imagens que se tem da Física e dos físicos. E15 também disse que não tinha ideia de como era o trabalho de um cientista, e as discussões sobre as imagens “distorcidas” da ciência ajudaram bastante.
E16	Cursou as disciplinas IEFA e DG e possuía leitura independente (entre elas: Newton e sua maçã).	Na aula 12 perguntou como chegou-se a equação do choque perfeitamente elástica, se a equação era empírica. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009. Na aula 28 comentou que a observação não é neutra. Na aula 31 disse que um cientista contribuiu com o trabalho do outro na detecção artificial do méson π .	Revelou que mudou muito lendo os textos. Pôde perceber como um cientista faz ciência identificando as imagens “deformadas” da ciência.

Estudantes que não responderam o questionário	Experiência com HFC	Visão de ciência ao longo da disciplina
E2	Cursou as disciplinas IEFA e DG, e possuía leitura independente sobre HFC (aula 14).	Combateu à visão de que existe um método científico universal de fazer ciência (aulas 05, 12, 13, 14 e 19) e fez objeção à visão ateórica do conhecimento científico (aulas 08, 19 e 32). E2 também se contrapôs à concepção aproblemática (que parte do conhecimento já elaborado) e a-histórico do fazer científico; à concepção de que a ciência evolui de maneira linear e acumulativa e à concepção individualista do conhecimento científico.
E5	Cursou as disciplinas IEFA e DG.	Na aula 06 considerou o papel das hipóteses no processo de construção do conhecimento científico. Na aula 17, E5 contrapôs-se a ideia de que só homens e pessoas jovens conseguem uma boa ideia na ciência. Na aula 23, E5 criticou a visão individualista e a imagem aproblemática da ciência e a existência de um suposto método científico. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009.
E6	Durante as observações das aulas não revelou experiência com HFC.	Na aula 20, E6 mencionou a intuição de Bohr no que diz respeito aos postulados, bem como disse que nessa época experimentos e teoria andavam juntos, e não uma coisa de cada vez.
E8	Cursou disciplinas que tratam do tema: IEFA e DG e possuía leitura independente sobre HFC.	Na aula 04 fez objeção à concepção acumulativa (de crescimento linear), neutra e descontextualizada do conhecimento científico. Ainda na aula 04 e na aula 08, expôs uma concepção metodologicamente rígida do fazer científico. Na aula 08, indiretamente, disse que o conhecimento científico é provisório. Nas aulas 09 e 10 alertou sobre a influência do contexto sociocultural no fazer científico. Na aula 14 disse que há uma ideia de que existe um método preestabelecido, contudo, não concordava com isso. Ainda na aula 14, e depois na aula 29, argumentou sobre o processo de substituição de teorias aceitas por novas teorias. Na aula 16 perguntou se Dalton teve um <i>insight</i> ou já tinha ideia de atração e repulsão. Na aula 21 disse que o empírico-indutivista vê parte da experiência para poder desenvolver um conceito, que ele não usa para comprovar o que tinha pensado antes. Na aula 23 afirmou que não existe um método para se fazer ciência. Nas aulas 24 e 31 destacou a imagem de que a ciência não é individualista, que um cientista contribui com o trabalho do outro (ajudando ou contrapondo-se). Na aula 31 se contrapôs à imagem elitista e neutra (sem influência do contexto da época) da ciência.

E14	Cursou as disciplinas IEFA e DG.	Na aula 03 aflorou a concepção elitista do conhecimento científico. Nas aulas 04 e 08, E14 argumentou sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento. Na aula 06, E14 disse que Tycho Brahe revolucionou à época e que ele não partiu do nada. Na aula 12 destacou o desenvolvimento histórico do conhecimento científico. Na aula 13 criticou a descoberta num <i>start</i> . Na aula 17 criticou a imagem individualista, atórica e linear da ciência. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009. Na aula 29 mencionou que o paradigma deve resolver os mesmos problemas do dominante, apresentar soluções para as anomalias e ainda propor novas coisas para serem testadas pelos cientistas.
E17	Durante as observações das aulas não revelou experiência com HFC.	Na aula 08, E17 disse que a ciência experimental tem uma base teórica. Na aula 10 afirmou que Descartes não partiu do nada, que tem uma história de pensadores por trás do pensamento dele. Na aula 11 mencionou a influência da religião no trabalho científico. Na aula 18 destacou o desenvolvimento histórico do conceito de entropia. Ainda na aula 18 concordou que as experiências não são feitas ao acaso, mas sim pensadas, que as experiências têm hipóteses por trás e o experimento vai corroborar, ou não, com essas hipóteses. Na aula 20, após E6 mencionar a intuição de Bohr, concordou com professor que criticou a existência de um método científico. Na aula 29 demonstrou-se céptico quanto ao conceito de ciência normal de Kunh.
E18	Cursou as disciplinas IEFA e DG.	Nas aulas 02, 04, 05, 06, 07, 08, 11, 12, 13, 14, 26 e 32 concordou com aspectos relativos à visão de ciência defendida/problematizada pelo professor. Na aula 29 fez ressalvas ao processo de substituição de teorias aceitas por novas teorias, indo de encontro ao que o professor defendeu. Na sua resenha, E18 chamou a atenção sobre a diversidade com que o estudo científico pode ser elaborado; a desmitificação de que o homem, indivíduo que estuda a natureza, a observa com a mente totalmente crua; o caminho histórico percorrido, experimentos e métodos para corroborar com a teoria que vinha sendo proposta, e sobre como o experimento e teoria se completam e avançam continuamente.
E19	Durante as observações das aulas não revelou experiência com HFC.	Na sua resenha sobre o livro de textos 5, E19 contrapôs-se às imagens “deformadas” do conhecimento científico. Na aula 25 concordou que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as características amplamente presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009.

3.5.1 Trajetórias individuais dos estudantes

Trajetória de E1

E1 participou de quase todas as aulas da disciplina ECF, faltando apenas a 18ª e a 19ª aula. Nas aulas 02 (08/03/2012), 03 (12/03/2012), 04 (15/03/2012), 05 (19/03/2012), 06 (22/03/2012), 07 (26/03/2012), 09 (02/04/2012), 10 (05/04/2012), 11 (16/04/2012) e 12 (19/04/2012), E1, mesmo atenta as discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 05, contudo, E1 mencionou a crítica que é feita no livro de textos 1 (Força e Movimento: De Thales a Galileu) à analogia/associação entre ideias indutivas de estudantes (senso comum, observação imediata...) e as ideias da física aristotélica. O professor disse que o senso comum deve ser respeitado, mas que tem que ser superado. Ele ainda citou que o senso comum é superado pela física newtoniana e essa pela física einsteiniana, mudando com o tempo, se adaptando aos novos conhecimentos. A partir disso, o professor iniciou uma breve discussão sobre os termos revolução e ruptura na ciência.

E1 participou da aula 07 por meio de perguntas, opiniões e comentários sobre o capítulo 5 (Galileu e a teoria copernicana) do livro de textos 1, mas sem revelar explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 08, em 29/03/2012, o professor dividiu a sala em dois grupos. A tarefa de cada grupo era convencê-lo sobre a melhor maneira de falar sobre Galileu na sala de aula, assim como mostrá-lo porque é importante abordar Galileu. Nessa atividade, o grupo no qual E1 estava presente (grupo 1) disse que apresentaria um Galileu contextualizado e mostraria que a ciência não é uma coisa linear, mas que acontece através de erros e acertos.

Ainda sobre o posicionamento de E1 na aula 08 no que diz respeito à NdC, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa e após o professor perguntar se a ciência experimental nasce do nada, E1 disse que tem uma parte teórica, mas para ser ciência experimental tem que tentar. Embora, a questão para ela fosse que a experiência da torre é uma lenda:

Professor: (...) *mas para ser ciência experimental não tem que ser... por experimentos ou ela nasce do nada... só da ficção... da filosofia?* (...)

E17: (...) *tem uma base teórica* (...)

E1: (...) *tem uma parte teórica... mas para ser ciência experimental... tem que tentar* (...)

E8: (...) *um outro texto em que... esteja em voga o que a comunidade científica aceita como correto naquele momento* (...)

E1: (...) *a questão para mim é que a experiência... é uma lenda* (...)

E7: (...) *sem contar que parece que foi de um dia para o outro* (...)

Adiante E1 mostrou-se céptica sobre a veracidade do relato acerca das experiências realizadas na torre de Pisa, isso fez desencadear um breve debate com E17 que não parecia estar tão céptico quanto E1. Dessa discussão, o professor levantou outra questão para a turma: "Qual o papel da experimentação na física do Galileu?" Pergunta que deu fôlego à discussão sobre a visão empirista-indutivista de conceber a ciência:

E17: (...) *não se sabe se não é verdade com certeza também* (...)

E1: (...) *com certeza absoluta não, mas tem bastante evidências* (...)

E17: (...) *o cara fez um pensamento lógico ali... lógico... ele fez uma estrutura lógica e chegou a uma conclusão, mas por outro lado é um aluno do Galileu... por que então ele também ficaria inventando... cara* (...)

E1: (...) *mas como só ele faz menção, o próprio Galileu não faz menção a essa experiência, então para mim é muito duvidoso* (...)

Professor: (...) *qual o papel da experimentação na física do Galileu?* (...)

E7: (...) *eu acho que ele dá validade a teoria dele* (...)

Na aula 10, o professor deu início ao trabalho de sala de aula com a vídeo-aula intitulada “Imagens deformadas do trabalho científico” (hipermídia do curso de licenciatura em física na modalidade à distância) e depois disse que os estudantes iriam ver essas imagens da ciência apresentadas na vídeo-aula ao longo da disciplina, bem como deveriam apresentar pelo menos um contraexemplo dessas imagens deformadas (termo que eles poderiam substituir por inadequadas) nos seminários. Nessa aula, E1 deu a sua impressão sobre o método de Descartes de fazer ciência (ou seja, o que ela achava que o Descartes quis dizer num dado trecho descrito no livro-texto), sem tecer críticas ou manifestar claramente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 12, em 19/04/2012, E1 também participou da aula por meio de perguntas, opiniões e comentários sobre o capítulo 4 (A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física) do livro de textos 2 (Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana), mas ainda sem apresentar explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 13, em 23/04/2012, o professor apresentou um *slide* com uma historinha em quadrinhos da Magali (turma da Mônica) que tratava da descoberta da lei da gravitação universal, mas de uma maneira bastante singela. O professor perguntou para a turma o que de problemático poderia ser detectado na historinha. E3 disse que achava que com a historinha as crianças conseguiriam associar muito melhor Newton com a gravidade. Logo depois, E1 ressaltou que a historinha também pode atrapalhar, pois a criança poderia endeusar o cientista:

Professor: (...) *quais são os problemas que a gente pode detectar nesta pequena história? Primeiro as coisas positivas para depois... primeiro o bom depois o não bom... bom... divertido... risos... nosso ponto de vista o que seria então problemático aí? (...)*

E3: (...) *eu acho que as crianças conseguem associar muito melhor... Newton com gravidade... mesmo assim eu acho que isso ajuda depois (...)*

E1: (...) *ajuda, mas pode atrapalhar no sentido dela... endeusar o cientista (...)*

Professor: (...) *a ideia do gênio que... que mais? (...)*

E14: (...) *que num ‘start’ descobriu que (...)*

E4: (...) *a sensação que está ali é que ele descobriu a gravidade... descobriu a gravidade... num estalo (...)*

Professor: (...), *mas quem disse que ele não estava pensando antes? Depende do ele estava pensando antes (...).*

Nas aulas 14 (26/04/2012), 15 (seminário 01, 03/05/2012) e 16 (seminário 02, 07/05/2012), E1, mesmo atenta, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem suas concepções sobre a NdC.

Na aula 17, em 10/05/2012, E1, juntamente com E14, apresentou o seminário 04. Já era esperado que E1 e E14 fizessem alguma relação entre a narrativa histórica e as “imagens inadequadas da ciência”, por ser um dos itens avaliados no seminário. E1 criticou, com base na narrativa histórica do livro-texto, o fato de alguns cientistas acharem que a Física Clássica estava bem estruturada, e alertou sobre a concepção empirista-indutivista e a imagem individualista do trabalho científico:

E1: (...) *claro que se ele tivesse visto toda a parte histórica talvez ele teria um certo cuidado maior para falar isso, já aconteceu outras vezes que o pessoal achar que estava tudo pronto e (...)*

E1: (...) *então o que está acontecendo com o Lord Kelvin, ele estava vendo a ciência já como um edifício construído assim, talvez seja uma das imagens distorcidas, uma imagem distorcida, que ele está vendo a ciência já, a Física, como um edifíciozinho, já está edificando, então é uma dessas imagens (...)*

E1:(...) *a parte mais interessante da frase é que o divórcio é provisório... risos... não entendeu? Porque está falando... separa ... está separando a Física do empirismo (...)*

Professor: (...) *não tem uma teoria por trás... a relação é empírica... faltando a explicação (...)*

E1: (...) *o quê que a gente estava falando agora, uma coisa importante, eu acho que não dá para deixar passar, que embora quanta gente fez a construção aqui do conhecimento para*

descobrir o elétron em si, ainda é aquela coisa que a gente falou que se constrói a ciência... não é individual (...)

Professor: (...) *uma rápida observação, o Thomson dá, profere uma conferência Nobel, aí ele faz esse relato, então é interessante porque nessas conferências as pessoas são, vamos dizer, obrigadas, entre aspas, a cumprir esta formalidade, então eles têm que fazer referências a outras e tem que falar numa linguagem mais acessível ao público, e a forma que eles entendam (...)*

E1 faltou a aula 18 (seminário 03, em 14/05/2012) e a aula 19 (seminário 05, 17/05/2012).

Nas aulas 20 (seminário 06, em 21/05/2012), 21 (seminário 07, em 24/05/2012), 22 (seminário 08, em 28/05/2012), 23 (seminário 09, em 31/05/2012) e 24 (seminário especial 01, em 04/06/2012), E1 não expôs explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Durante a apresentação do seminário especial 01, a pesquisadora/orientanda do professor destacou, com o devido fundamento histórico, sua contraposição à visão de que a ciência é individualista (mas que se baseia no trabalho de outros estudiosos) e neutra (no sentido de que já tinha feito algum resultado sobre aquela atividade experimental) e objeção à existência de um método científico.

Na aula 25 (seminário especial 02, em 11/06/2012) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF - verificar se os estudantes presentes, dentre eles E1, concordavam com tais concepções.

No que tange aos critérios eliminatórios e de qualificação dos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2009, disciplina Física, E1 e os demais estudantes presentes concordaram que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que se refere aos aspectos histórico-filosóficos, deve possuir as seguintes características:

- Apresentação da ciência como sendo uma das formas de conhecimento, reconhecendo a diversidade de formas do conhecimento humano e as diferenças entre elas;
- Não apresentar o conhecimento científico como verdade absoluta ou retrato da realidade;
- Reconhecimento da influência de valores e interesses sobre a prática científica;
- Que as analogias e as metáforas presentes na obra sejam utilizadas de maneira adequada, com a explicação das semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos estudados);
- Prioridade dos conceitos e das teorias centrais, estruturadoras do conhecimento científico em detrimento de conceitos e teorias secundárias, que não se encontram claramente estabelecidas, ou mesmo pseudocientíficas;
- Preocupação de abordar conceitos centrais da área de forma recorrente, em diferentes contextos explicativos e situações concretas, facilitando assim, a construção de sistemas conceituais mais integrados, e não os apresentar de forma compartimentada e linear);
- Construção de uma compreensão integrada da física, caso seja disciplinar, ou das várias disciplinas abordadas caso a obra seja interdisciplinar;
- Criação de condições para aprendizagem de ciências, particularmente da Física, como processo de produção cultural do conhecimento, valorizando a história e a filosofia das ciências);
- Tratamento da HC integrado à construção dos conceitos desenvolvidos, evitando resumi-la a biografias de cientistas ou a descobertas isoladas;
- Abordagem adequada de modelos científicos, evitando confundi-los com a realidade;
- Abordagem adequada da metodologia científica, evitando apresentar um suposto Método Científico como uma sequência rígida de etapas a serem seguidas;
- Proposição de atividades que favoreçam formação do espírito investigativo, como atividades em que os estudantes levantem hipóteses sobre fenômenos naturais e

desenvolvam maneiras de testá-las, ou em que utilizem evidências para julgar a plausibilidade de modelos e explicações;

- Estímulo ao uso do conhecimento científico como elemento para a compreensão dos problemas contemporâneos, para a tomada de decisões e a inserção dos estudantes em sua realidade social;

- Proposições de discussões sobre as relações em Ciência, Tecnologia e Sociedade, dando elementos para a formação de um cidadão capaz de apreciar criticamente e posicionar-se diante das construções e dos impactos da Ciência e da Tecnologia sobre a vida social e individual.

Nas aulas 26 (seminário 10, em 14/06/2012), 27 (seminário 11, em 18/06/2012) e 28 (seminário 12, em 21/06/2012), E1 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 29, em 25/06/2012, E1, juntamente com E5 e E14, apresentou o seminário 13. Também já era esperado que E1 fizesse relação entre a narrativa histórica apresentada e a contraposição às “imagens inadequadas da ciência”, por também ser um dos itens avaliados no seminário.

Comentário decorrente da frase na qual Einstein alerta o leitor de que “todas as reminiscências são colocadas com os tons do presente” (Notas Bibliográficas).

E1: (...) *a gente achou a frase muito bonita e a gente resolveu trazer principalmente porque ela é um assunto que a gente comenta bastante aqui na sala, o quê que ele está querendo dizer: que tudo que a gente vai estudar sobre a história da ciência a gente vê com os olhos de hoje, de hoje em dia da atualidade, então quando a gente estuda alguma parte dessa história da ciência a gente precisa levar em conta alguns contextos da época, claro que não se pode levar todos... mas aqui está, na verdade ele escreve isso porque ele está fazendo, na hora que ele está escrevendo as notas bibliográficas dele lá quando ele tinha 67 anos, então ele comenta sobre isso, a gente quis trazer pra selecionar com o que a gente comenta aqui em sala (...)*

A seguir, E1 referia-se à frase de Einstein (livro texto, página 201): “Mesmo os estudiosos de espírito audacioso e instinto apurado podem ter sua interpretação dos fatos prejudicada por preconceitos filosóficos.”

E1: (...) *por que que a gente trouxe essa frase? Por que está contando bem, está mostrando bem, a questão da ciência, da imagem de ciência, não é mais deformada, que estaria na parte de ciência neutra, então aqui está falando exatamente que só vê o que queria ver, então eu queria ilustrar isso (...)*

E14 fez uma síntese sobre como a ciência progride segundo Thomas Kuhn. Durante a apresentação, E14 mencionou que o paradigma novo vai resolver os mesmos problemas do dominante, apresentar soluções para as anomalias e ainda propor novas coisas para serem testadas pelos cientistas. Isso foi de encontro ao que E1 declarou:

E18: (...) *tem que propor mesmo, ele sempre tem que ir além, ele não pode só (...)*

E14: (...) *para que adiantaria uma nova coisa se não vai além (...)*

E18: (...) *ele consegue provar o que não foi comprovado, já parece bom (...)*

E8: (...) *é uma comunidade de gente que está trabalhando nisso... não é um que está tentando provar um problema, é um amontoado de ideias que estão estabelecendo para explicar as anomalias e aí aparece novas ideias que resolvem essas anomalias e aí está no período de ciência normal, depois começa um paradigma novo (...)*

E17: (...) *mas eu acho que esse passo de ciência normal de Kuhn, eu sei, eu entendi não, mas eu acho que não existe, nunca existiu, porque sempre teve problemas que nunca foram solucionados pela Física da época, ah sei lá, não conhecia, ninguém então tipo sabia sobre Óptica, então está construindo conhecimento, não era um período normal, depois dele não se sabia sobre energia, sobre entropia, e aí tiveram que entender isso, depois formular a Termodinâmica, depois não sabia sobre Eletromagnetismo, tiveram que construir conhecimento, tipo assim, um novo, nunca houve esse conceito de anormalidade de fato assim (...)*

Professor: (...) *como é que não houve? Você está pegando, está olhando a história depois do acontecido... aí que a pessoa pensa que está tudo certo, tem exemplos aí mais fácil, têm*

exemplos aí em Kelvin, as pessoas não viam, achavam que... dá para ele mesmo os problemas, eram nuvenzinhas como ele diz... que poderiam dissipar, ele está dizendo(...)

Professor: (...) agora não vale olhar os capítulos seguintes da novela para dizer: ah está vendo! Está naquele período, parece que está tudo assim, bem, ou a culpa é sua, eu não consigo resolver bem, as bases teóricas estão construídas, tenho que trabalhar com elas para resolver, é o que se faz nos laboratórios, não se faz? Não se questiona lá a teoria, o corpo teórico, é a mesma coisa. Quando passa o tempo e a gente olha para história, a gente vê ôpa aqui tinha um problema que eles acharam que resolveram (...)

E18: (...) terminando lá, tem? Preciso então necessariamente, indubitavelmente tem que ter um avanço além de provar teu resultado(...)

E14: (...) diga para que tu queres uma teoria, se tudo repete a mesma coisa que tu viste antes? Se não propõe coisas novas (...)

E18: (...) tu vais destacar porque não teve nada novo? Ou tu vais adotar porque o cara consegue resolver o problema? (...)

E1: (...) ele está resolvendo o problema? Ele está resolvendo um problema que antes não era resolvido? Então pronto! (...)

Professor: (...) se é algo novo ele tem que prevê mais coisas, e não explicar o problema e apenas ele (...)

Nas aulas 30 (seminário 14, em 28/06/2012), 31 (seminário 15, em 02/07/2012) e 32 (seminário 16, 05/07/2012), E1 não pôs à vista suas concepções sobre a NdC.

Trajétória de E2

E2 faltou a 10^a, 25^a e a 28^a aula. Nas aulas 02 (08/03/2012), 03 (12/03/2012), 04 (15/03/2012) e 06 (22/03/2012), E2, mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 05 (19/03/2012), porém, E2, em meio às discussões sobre as ideias de Copérnico, disse que o professor na última aula provara que não existia um método científico. Em seguida, E2 comentou que talvez naquela época cada um tivesse um método de fazer ciência, mas que o Copérnico era o mais importante e o único a lidar com a precisão.

E2: (...) professor... o senhor na última aula provava que não existia um método científico (...)

Professor: (...) tem um filósofo chamado Popper que diz que não pode provar se o conhecimento está correto... a gente pode tentar refutar este conhecimento... se eu não consigo refutar... este conhecimento se mantém... se mantém... se mantém até que de repente... eu não consigo mais fazer isso... aí volto tudo do zero (...)

E2: (...) me parece que cada um tinha um argumento... talvez seja um método de como fazer ciência... era o Copérnico... o mais importante de tudo até agora... vai ser o Copérnico... o único que começa a lidar com a precisão (...)

Professor: (...) agora já começa a entrar... começa a entrar em cena outros valores... a preocupação com o dado... com a precisão do dado... e quando eu falo em precisão do dado eu estou me referindo especificamente à medida... como é que a medida pode ser refeita... e pode conter erro... inclusive com o uso de instrumentos (...)

E2 participou da aula 07 (26/03/2012) por meio de perguntas, opiniões e comentários sobre o capítulo 5 (Galileu e a teoria copernicana) do livro de textos 1, inclusive chamando a atenção de E3 quando essa mencionou o termo resolução ao se referir ao telescópio de Galileu.

E2: (...) não tem teoria sobre esse equipamento... não tem teoria sobre esse equipamento... resolução (...)

Na aula 08, em 29/03/2012, o professor dividiu a sala em dois grupos. A tarefa de cada grupo era convencê-lo sobre a melhor maneira de falar sobre Galileu na sala de aula,

assim como mostrá-lo porque é importante abordar Galileu. Nessa atividade, o grupo no qual E2 fazia parte (grupo 2) enumerou 6 tópicos: 1- Por que ele é importante para a física? (pai da experimentação); 2- Contexto histórico, pensamento filosófico da época (de Thales ao século XVI, ênfase em Aristóteles); 3- Adere à força impressa em contrapartida ao pensamento aristotélico (analogia do fogo; influência de Arquimedes, empuxo); 4- Torre de Pisa: equações que relacionam velocidade e densidade; 5- Experimentos e suas consequências: plano inclinado, plano horizontal e movimento oblíquo (interesse apenas na cinemática, esboço do princípio da inércia, velocidade não infinita no vácuo, relação distância proporcional ao tempo elevado ao quadrado, velocidade proporcional ao tempo.); 6- Contribuições (principalmente para a Astronomia).

No que diz respeito à NdC, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa (aula 08), E2 primeiro disse que uma coisa não surge do nada, depois ressaltou a importância da física experimental e, após o professor perguntar onde surgiu a ideia do plano inclinado e se essa nasceu do nada, E2 contrapôs-se à concepção indutivista e ateuórica do conhecimento científico.

E2: (...) *eu acho que... uma coisa... ela não surge do nada (...)*

E2: (...) *a questão também da física experimental... eu acho que é importante ressaltar que... ele para de investigar a causa dos movimentos... para investigar o movimento... em si... então tu para fazeres isso você tem que analisar com equipamento... com alguma coisa (...)*

Professor: (...) *aonde surgiu a ideia do plano inclinado... teve a ideia... foi original o plano inclinado... mas nasceu do nada... nasceu do nada... foi tudo ideia dele ali... não? (...)*

E2: (...) *se ele fez o experimento tinha alguma coisa em mente (...)*

E2 participou da aula 09, em 02/04/2012, tecendo comentários sobre o capítulo 7 (As leis de Kepler do movimento planetário) do livro de textos 1, mas sem apresentar diretamente suas concepções sobre a NdC.

E2 faltou à aula 10 (05/04/2012). Na aula 11 (A física e a cosmologia cartesiana - capítulo 3 do livro de textos 2), em 16/04/2012, E2 não pôs a vista suas concepções sobre a NdC. No entanto, na aula 12 (19/04/2014), em meio a discussão do capítulo 4 (A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física) do livro de textos 2, E2 perguntou ao professor se a proposição de uma experiência com pêndulos era resultado da imposição do método indutivo de Descartes ou era coisa do método indutivo de Bacon, o que desencadeou um debate sobre racionalismo versus empirismo:

E2: (...) *o fato deles proporem uma experiência com pêndulos é resultado já da imposição do método indutivo de Descartes ou é coisa do método indutivo de Bacon? (...)*

Professor: (...) *eu não faria essa dicotomia assim... essa separação não tem... na prática não funciona assim... quer dizer... você pode dizer... ah o Newton está fazendo os experimentos a lá Bacon..., mas com o tempo você tem que varrer todas as ideias preconcebidas... ideias preconcebidas do Newton... sabe muito bem o que ele quer com o experimento (...)*

E7 (...) *sem contar que Newton tem as ideias dos anteriores... Descartes (...)*

Professor: (...) *sem contar que o Newton está em todo um contexto ali onde está sendo discutido a colisão... ele é mais um dos que se interessam pela colisão... está totalmente influenciado por todas essas ideias (...)*

E2: (...) *sem fazer injustiça com o Descartes..., mas esse problema do método é importante para ele (...)*

Professor: (...) *então o Newton vai dizer eu tenho que estruturar conhecimento em bases sólidas... a experimentação é base sólida mas para ele fazer a experimentação... construções teóricas têm que estar girando na cabeça(...)*

Na aula 13 (23/04/2012), durante a apresentação do professor sobre o capítulo 5 (A gravitação Newtoniana) do livro de textos 2, E2 comentou que a intuição de Hooke não estava prevista no método científico:

Professor: (...) *intuitivamente sendo se uma força apontando para o centro por que o objeto não vem para o centro? Hooke percebeu isso... Hooke vai dizer que tem balanço entre velocidade... o raio da trajetória... ele consegue ver isso(...)*

Professor: (...) *não acharam aí espetacular essa... essa intuição? Da onde vem isso? (...)*

E2: (...) *essa intuição não está prevista no método científico (...)*

Professor: (...) *não está previsto no método científico... não está é... ótima observação... cadê a intuição no método científico... então... não tem uma receita para se produzir conhecimento... de repente a pessoa resolveu pensar de uma forma como essa e ele gera frutos... que vai fazer o Newton trilhar outro caminho (...)*

Em seguida, ainda na aula 13, E2 questionou a primeira regra (regra 1) para filosofar de Newton:

E2: (...) *professor... como ele identifica que é uma causa verdadeira? (...)*

Professor: (...) *ele não está dizendo verdadeiro no sentido de Descartes... na base da experimentação... é que ele está dizendo... verdadeiro não é absoluto ali... verdadeiro é aquilo que a gente inclui a partir da experimentação... não é o verdadeiro Descartes... verdadeiro assim incontestável..., mas só que... diz em outro lugar que a gente pode induzir conhecimentos até que outras experiências nos mostre (...)*

E8: (...) *porque se... algumas coisas são pertinentes para integrar fenômenos até que apareça alguma coisa que passa a ser pertinente para integrar fenômeno... então... ela é uma regra limitada (...)*

Professor: (...) *o que está por trás dessas duas? E que a natureza tem um comportamento simples... que a gente tem que tentar entender isso... o que está por trás... essa que é a mensagem que está aí... bom... do meu ponto de vista (...)*

E2, na aula 14 (26-04-2012), participou da discussão sobre as ideias de Newton e de Descartes presentes no capítulo 6 (Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação) do livro de textos 2, inclusive informando que leu as meditações de Descartes. E2 comentou que nos livros está embutido um método preestabelecido:

Professor: (...) *está tudo nos livros, quando dizem o método científico, é o método científico, o método científico, o artigo ali que aparece ali definido é o método científico (...)*

E8: (...) *em didática como o Demétrio, ele combateu bastante essa ideia do método científico, e se ele combateu bastante é porque existia uma maneira... uma ideia de que existe um método preestabelecido (...)*

E2: (...) *os próprios livros que escrevem, a física é uma ciência experimental no prefácio do livro, está embutido que tem um método ali (...)*

Professor: (...) *então, entre os biólogos, isso aí é pior ainda, porque eles usam lá o microscópio, a observação, parte da observação, mas só que eles esquecem de dizer nos livros porque que a pessoa botou o olho lá, o quê que ela está querendo olhar ali, ou ver, etc (...)*

Nas aulas 15 (seminário 01, em 03/05/2012), 16 (seminário 02, em 07/05/2012), 17 (seminário 04, em 10/05/2012) e 18 (seminário 03, em 14/05/2012), E2 não expôs explicitamente sua visão sobre a NdC.

Na aula 19, em 17/05/2012, E2, juntamente com E4, apresentou o seminário 05 (capítulo 04: O quantum de radiação - do livro de textos 3).

Na introdução do capítulo 04, E2, voltou a contrapor-se a concepção puramente indutivista e ateuca do conhecimento científico, logo depois, falou sobre a participação de Kirchhoff na espectroscopia da radiação térmica; acerca da obtenção das leis de Stefan-Boltzmann, Wien e de Rayleigh-Jeans a partir da equação de Planck, e mencionou que assim como Planck, os resultados de Einstein também não foram aceitos tranquilamente, e citou que alguns cientistas que contribuíram com a Mecânica Quântica já foram contrários aos quantum de luz, entre eles Millikan.

E2: (...) *bom! Vale ressaltar aqui que o curso tem que ser feito sob uma análise histórica, como está mostrando lá, inicialmente isso aqui é contraintuitivo, eu acho que é, uma dessas dimensões que é mudar o cenário de acordo com essa... a gente botou um fiel na balança, que dar o cenário mostrando esses fatores contraintuitivos da ciência... a gente percebe que as coisas são feitas, que a ciência é construída através do método, aquela coisa da visão algorítmica da ciência, aquela construção, que o professor falou, você tem que ver o livro, ver a animação, fazer não sei o quê... essa visão algorítmica não é bem assim que acontece aqui (...)*

E2: (...) aqui já entra outro aspecto da... ponto contraintuitivo geralmente ninguém associa Kirchhoff a uma análise espectroscópica da radiação térmica (...)

E4: (...) então, só para a gente se situar um pouquinho o que acontece, desde o início ali com o Kirchhoff que foi que iniciou seus estudos em 1860, até então... Maxwell não tinha se pensado suas equações e... Hertz só em 1888 ele comprova as equações de Maxwell. Então, desde de Kirchhoff até chegar Planck foram 40 anos, então para gente mostrar que isso é realmente é um processo (...)

E2: (...) a ciência ela não é linear, o processo é tortuoso, um diz uma coisa, alguém vem e comprova, outros afirmam uma coisa que não é possível se sintetizados ainda fazer uma teoria que vai ser comprovada ou não comprovada necessariamente (...)

E4: (...) é então aqui mostra também que acho que uma dessas imagens distorcidas que a ciência não se faz de um dia para outro que realmente é um processo árduo, primeiro vem um estudo, depois comprova... então foram quarenta anos aí até se chegar... Planck mostrar sua equação (...)

Nas aulas 20 (seminário 06, em 21/05/2012), e 21 (seminário 07, em 24/05/2012), E2 não revelou suas concepções sobre a NdC, mas na aula 22 (seminário 08, em 28/05/2012), E2 indagou se Aristóteles era empirista após o professor perguntar a turma: “mas os gregos faziam ou não experiências afinal?” Esse questionamento surgiu quando o professor se referia aos dados de experimentos acerca da refração da luz apresentados por Ptolomeu:

Professor: (...) uma coisa, mas os gregos faziam ou não experiências afinal?

E2: (...) certamente, a filosofia que imperava era a de Aristóteles, ele não era um empirista? (...)

Professor: (...), mas ele fazia algum experimento? De física não, ele mexia com os animais lá (...)

E11: (...) era bem idealizado os experimentos, mas alguém poderia ter feito algum (...)

Professor: (...) não era um procedimento padrão, normal, mas aí eles fizeram até tabelas... foi muito importante... então o experimento não tem a mesma função que ele vai ter mais adiante, mas não quer dizer que fosse uma coisa impeditiva (...)

E2, nas aulas 23 (seminário 09, em 31/05/2012), 24 (seminário especial 01, em 04/06/2012), 27 (seminário 11, em 18/06/2012), 29 (seminário 13, em 25/06/2012), 30 (seminário 14, em 28/06/2012) e 31 (seminário 15, em 02/07/2012), mesmo atento as discussões de natureza histórico-epistemológicas, não apresentou explicitamente suas concepções sobre a NdC. Além da aula 10, E2 também faltou as aulas 25 (seminário especial 02, em 11/06/2012) e 28 (seminário 12, em 21/06/2012).

Na aula 26 (seminário 10 – Da síntese de Maxwell à experiência de Michelson-Morley), em 14/06/2012, E2 procurou responder a questão levantada pelo professor: Por que chamam de experimento crucial se não existe? (o professor estava se referindo ao experimento de Michelson-Morley).

E2: (...) acho que ele é crucial no sentido que, os resultados que ele traz fomenta discussões até chegar uma quebra de paradigma (...)

E18: (...) a ciência é feita de seres humanos, então você se conhece... e conhece seus colegas sabe como é que é a gente... já têm coisas que você nasce acreditando nisso e você acaba movendo, é difícil a gente largar de uma crença nossa e essa dificuldade sempre vem ser um paradigma (...)

Na aula 32 (seminário 16), em 05/07/2012, após síntese de E4 acerca da evolução dos aceleradores de partículas (dos tubos a vácuo ao LHC), E2 comentou:

(...) é uma coisa que se retroalimenta, a teoria prevê certas partículas, vai lá e desenvolve equipamento para medir, depois com aquele equipamento ela também te mostra outras coisas que força tu revê sua teoria, então tem toda a evolução dos aceleradores, marco zero com o tubo de Crookes até chegar no LHC, com as respectivas energias, cada vez (...)

Entre os comentários decorrentes da notícia sobre a detecção do Bóson de Higgs, E2 disse:

(...) a gente trouxe o conteúdo desde o começo da primeira detecção das partículas: as partículas V, os mésons, os kalos e culminado o que sabe hoje que é o modelo padrão, a

gente deu sorte de ter uma notícia fresca aí para contemplar o seminário, e claro isso aqui é um modelo e ele tem uma certa gama de aplicabilidade, ele tem suas brechas, o Higgs de certa forma é uma, que agora se foi detectado vai dar mais ênfase para o Modelo Padrão, mas tem o Gráviton que não se circula e a gente tem a física além do modelo padrão, devido às coisas que se desenvolveram com o tempo, então na verdade o estado de arte assim do capítulo final do livro (...).

Trajetória de E3

E3 faltou a 14^a, 20^a, 24^a, 29^a e a 31^a aula. Nas aulas 02 (08/03/2012) e 03 (12/03/2012), E3 não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 04 (15/03/2012), em meio à discussão se o Aristóteles foi ou não um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência, E6 perguntou ao professor como as ideias eram divulgadas para as pessoas. O professor revelou para E6 que as ideias eram passadas para as pessoas que eram aptas a entender essas ideias, e que existiam os copistas. Logo em seguida, E3 disse:

(...) pois é, hoje em dia a gente ainda vive isso de... é diferente da época mais mesmo assim continua com a mesma ideia (...)

E10 deu continuidade à discussão dizendo:

(...) as pessoas continuam acreditando naqueles que tem mais... sabe... mais influência (...)

Ainda sobre a questão levantada pelo professor (se Aristóteles foi um atrasado para a ciência?):

E4: *(...) se cada um tivesse uma ideia diferente e nenhuma se estabelecesse... ia ficar um negócio meio vago e ninguém ia ter noção de nada (...)*

E3: *(...) ou então se estabelece, mas não se estabelece por tanto tempo... se estabelece está... aí todo mundo vê... tem ideia daquilo... ah tem alguma coisa errada... aí alguém vai lá e desembola o que se estabeleceu.... Ah não é isso aí está errado... aí vai lá e se estabelece (...)*

E8: *(...) mas isso não funciona assim cara... existe (...)*

E3: *(...) não se pode estabelecer por certo tempo... um ano... dois anos... é um século (...)*

A seguir o comentário de E3, dentre os posicionamentos que vieram à toa após o professor levantar a seguinte questão: se alguém chegasse assim, vou fazer um experimento aonde vou te mostrar o moto perpétuo, o que você diria? O professor também chamou a atenção dos estudantes sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento, uma vez que, segundo ele, pelo experimento puro e simples não irá dar tudo:

E3: *(...) o senhor para se estabelecer... o cara teria que fazer o experimento e provar... na história muitas vezes tu fazes um experimento... dá um resultado que é diferente... aí você faz de novo e dá o mesmo resultado... você pede para outra pessoa fazer e dá o mesmo resultado... aí você mostra isso para uma comunidade científica e aí alguém vai procurar uma teoria... mas aquilo... a tua experiência foi uma revolução... não que eu preciso provar que ela está certa... para ela revolucionar (...)*

Na aula 05 (19/03/2012), E3 não declarou explicitamente suas concepções sobre a NdC. No entanto, na aula 06 (22/03/2012), E3 expôs um aspecto relativo à NdC ao responder a “provocação” feita pelo professor acerca do que os estudantes diriam sobre Tycho Brahe para os seus colegas do curso de física I (algo que fizesse sentido para eles):

E18: *(...) se você quer simplesmente dar uma ideia para os alunos... nada é tão redondo quanto parece (...)*

E3: *(...) sou física... aí eu estou num dia super bem... tenho uma ideia... veio a teoria atômica na minha cabeça... é complicado... ô... não é assim... eu acho que tem alguns detalhes que tu podes falar (...)*

E18: (...) *tem que falar... as medições... o sistema do cara não é tão bom como deveria ser... adequei ao meu modelo (...)*

Adiante E3 disse:

(...) *eu passei a vida toda fazendo medida para chegar no fim ter uma tabela confiável... não foi de um dia para o outro(...)*

Após o professor mencionar o seguinte trecho do artigo: “Aquele modelo de compromisso (o modelo era mais um menos um compromisso entre o melhor dos dois sistemas, o de Ptolomeu e o de Copérnico) parecia-me esteticamente perfeito, eu só precisava encontrar as peças de evidência. Foi aí que mergulhei febrilmente na coleta de dados observacionais que apoiassem o meu sistema” (página 27), E3 citou a paralaxe:

E18: (...) *você vai procurar dados... você já procura ele pensando onde você quer chegar... você acaba adaptando seus dados (...)*

Professor: (...) *não tem dados puros... a pessoa tem uma ideia... não quer dizer que ela vai forjar alguma coisa... forçar alguma coisa... melhor... a ideia que está aí... e o que... não... eu tenho um... conceito por trás... e dados que vão ou não corroborar (...)*

Professor: (...) *se não a gente pode de repente passar uma ideia de que a partir dos dados... que aparecem coisas do nada(...)*

E3: (...) *que nem a paralaxe... ele foi buscar os dados para provar a paralaxe... ou não (...)*

Na aula 07 (26/03/2012), entre os questionamentos sobre o telescópio de Galileu (como o instrumento podia mostrar mais coisas do que podemos ver? Em momento os aristotélicos passaram a acreditar no instrumento?), o professor e E3 comentaram o seguinte:

Professor: (...) *então o que estamos vendo... que as observações... são carregadas de teorias... concordamos com isso ou não... sim (...)*

E3: (...) *a partir de qual momento eles começaram a acreditar... no instrumento? (...)*

Na aula 08, em 29/03/2012, o professor dividiu a sala em dois grupos. E3 estava no grupo 1.

Nessa aula, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa e após o professor perguntar se a ciência experimental nasce do nada, E3 se posicionou da seguinte forma:

E1: (...) *a questão para mim é que a experiência... é uma lenda (...)*

E7: (...) *sem contar que parece que foi de um dia para o outro (...)*

E3: (...) *mas é importante levar este texto..., mas não sem apresentar a teoria... apresentar o que o Galileu estava fazendo porque se não vai parecer que foi do dia para o outro (...)*

Adiante E3, após E4 se referir ao dispositivo utilizado por Galileu para as medições dos tempos no experimento do plano inclinado, destacou o papel da teoria como orientadora da investigação:

E4: (...) *genial a ideia também... é genial(...)*

E3 (...) *você chegar só com este texto sem teoria nenhuma... você simplesmente mostra e diz que é verdade... isso você não pode fazer... você teria que mostrar... dar uma teoria... e dizer o que está por trás do Galileu... você pode chamar ele de pai da experimentação... não só com base... só com este texto (...)*

Ainda na aula 08, entre os comentários e posicionamentos em resposta ao questionamento do professor: Galileu parte do experimento e a partir daí, do nada, chega a alguma coisa, ou usa o experimento para corroborar?

E3: (...) *utilizou o experimento para corroborar... pronto... todo mundo concorda (...)*

Nas aulas 09 (02/04/2012), 10 (05/04/2012), 11 (16/04/2012), 12 (19/04/2012), E3 não manifestou claramente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 10, o professor deu início ao trabalho de sala de aula com a vídeo-aula intitulada “Imagens deformadas do trabalho científico”. Na aula 12, em 19/04/2012, E3 participou da aula por meio de perguntas, opiniões e comentários sobre o capítulo 4 (A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física) do livro de textos 2 (Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana), mas ainda sem apresentar diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 13, em 23/04/2012, o professor apresentou um *slide* com uma historinha em quadrinhos da Magali que tratava da descoberta da lei da gravitação universal, mas de uma maneira bastante singela. Ele perguntou para a turma o que de problemático poderia ser detectado na historinha. E3 disse que achava que com a historinha as crianças conseguiriam associar muito melhor Newton com gravidade:

Professor: (...) *quais são os problemas que a gente pode detectar nesta pequena história? Primeiro as coisas positivas para depois... primeiro o bom depois o não bom... bom... divertido... risos... nosso ponto de vista o que seria então problemática aí? (...)*

E3: (...) *eu acho que as crianças conseguem associar muito melhor... Newton com gravidade... mesmo assim eu acho que isso ajuda depois (...)*

E1: (...) *ajuda, mas pode atrapalhar no sentido dela... endeusar o cientista (...)*

Professor: (...) *a ideia do gênio que... que mais? (...)*

E14: (...) *que num 'start' descobriu que (...)*

E4: (...) *a sensação que está ali é que ele descobriu a gravidade... descobriu a gravidade... num estalo (...)*

Professor: (...), *mas quem disse que ele não estava pensando antes? Depende do ele estava pensando antes (...).*

E3 faltou à aula 14 (26/04/2012). Nas aulas 15 (seminário 01, 03/05/2012), 16 (seminário 02, 07/05/2012), 17 (seminário 04, em 10/05/2012), 18 (seminário 03, em 14/05/2012) e 19 (seminário 05, em 17/05/2012), 21 (seminário 07, em 24/05/2012), E3, mesmo atenta, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC. E3 também faltou a aula 20 (seminário 06, em 21/05/2012).

Na aula 22, em 28/05/2012, E3, juntamente com E11, apresentou o seminário 08. Após o professor mencionar que Galileu não conseguiu corroborar sua hipótese da finitude da velocidade da luz com o experimento, E3 disse que nem por isso ele estava errado:

Professor: (...) *então Galileu tinha uma certeza ali, ele não conseguiu corroborar com o experimento... nem sempre está certo (...)*

E3: (...) *e nem por isso... nem por isso está errado (...)*

E11: (...) *nem por isso está errado... ele não tinha como fazer naquela hora (...)*

Adiante, E3 valorizou o papel da teoria e da hipótese como orientadoras do processo investigativo ao comentar sobre o experimento no qual Francesco M. Grimaldi fez um feixe luminoso incidir sobre um anteparo opaco com um diminuto orifício, analisando os efeitos numa tela branca (capítulo 3 – Sobre a luz – do livro de textos 4):

(...) *que a gente lá a imagem deformada da física que é, por exemplo, ele vai, tem esse feixe passando pelo orifício e agora do nada ele vai criar toda uma teoria, vai olhar pra... agora caiu outra maçã na cabeça, agora vou com a teoria pronta, a partir dali vou olhar e vou saber tudo, não! Para o cientista ter um insight ele tem que ter o conhecimento amplo daquilo, para na hora que ele olhar para o experimento ele ver que tem alguma coisa de errado, alguma coisa de nova, de interessante e poder começar a investigar aquele fenômeno (...)*

Na aula 23 (seminário 09, em 31/05/2012) E3 não expôs claramente sua visão sobre a NdC. E3 faltou à aula 24 (seminário especial 01, em 04/06/2012).

Na aula 25 (seminário especial 02, em 11/06/2012) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E3, concordaram com tais aspectos.

Nas aulas 26 (seminário 10, em 14/06/2012), 27 (seminário 11, em 18/06/2012) e 28 (seminário 12, em 21/06/2012), E3 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC, e faltou a aula 29, em 25/06/2012.

Na aula 30 (seminário 14, em 28/06/2012), E3, juntamente com E10 e E11, apresentou o seminário 14. Também já era esperado que E3 fizesse referência entre a narrativa histórica apresentada e a contraposição às “imagens inadequadas da ciência”, por ser um dos itens avaliados no seminário, contudo, somente E10 aflorou concepções sobre aspectos relativos à NdC.

E3 faltou a aula 31 (seminário 15, em 02/07/2012). Na aula 32 (seminário 16, 05/07/2012), E3 não pôs à vista suas concepções sobre a NdC.

Trajétória de E4

E4 faltou apenas a 25ª aula. Na aula 02 (08/03/2012), entre os posicionamentos, opiniões e comentários decorrentes da leitura e discussão do capítulo 1, E4 revelou sua pouca experiência em História da Ciência:

E4: (...) *eu sou muito falha em história da ciência... tem muitas coisas... Thales... nunca ouvi falar nele (...)*

E4: (...) *quando eu aprendi um pouco de história da ciência... tudo já vieste de Aristóteles (...)*

E18: (...) *é a mesma coisa das equações de Maxwell... ainda tem que escrever as equações como problema de Maxwell... ele construiu as equações... na verdade muita gente... está dando muita história (...)*

E4: (...) *Aristóteles é o principal e o resto é esquecido (...)*

Nas aulas 03 (12/03/2012), 05 (19/03/2012) e 07 (26/03/2012), E4, mesmo atenta as discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 04 (15/03/2012), E4 fez um comentário sobre o argumento usado por Filoponos de Alexandria (VI a. C) para contestar sobre o que Aristóteles afirmava em relação aos tempos de queda de objetos de pesos diferentes, soltos de uma mesma altura:

E4: (...) *ele realizou este experimento... E mesmo assim as pessoas ainda continuaram a duvidar dele e seguir a ideia de Aristóteles(...)*

O professor disse que o experimento foi realizado, mas não levou a devida atenção porque a experimentação não tinha esse papel que tem para nós hoje.

Entre os questionamentos que emergiram após o professor mencionar que ideias contra ideias a mais bem estruturada será a predominante, E4, indiretamente deu a entender que a prática científica sofre influência do contexto sociocultural da sua época.

E8: (...) *e for estruturada pela pessoa mais importante(...)*

E10: (...) *ideia que ficar prevalecendo por algum... muito tempo... também dá uma força para ela... o fato do Aristóteles ter ficado... quando mais tempo vai durando parece que... mais forte ela fica... mais difícil de (...)*

E8: (...) *quanto mais tempo ele vai ficando estabelecido mais tempo ele vai se estabelecendo(...)*

E4: (...) *também com Alexandre o grande... talvez tenha levado a ideia dele para mais longe (...)*

E18: (...) *ele foi fundamental para desenvolver muito conhecimento..., mas de certa maneira... o que ele desenvolveu... estava... não correto... não melhor... maneira possível... bloqueou muitos séculos de desenvolvimento... e a gente sabe onde poderia estar hoje... se a gente não teria muitas dessas ideias se ele não tivesse existido... e se ele tivesse uma influência menor... a gente não estaria muito mais a frente (...)*

O professor sintetizou o questionamento de E8 com a seguinte questão para a turma: o Aristóteles foi, ou não, um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência?

E4 primeiro disse que:

(...) *o fato da igreja... depois com o cristianismo... ter aceitado muito a ideia dele... de Aristóteles (...)*

Adiante E4 falou que:

(...) *se cada um tivesse uma ideia diferente e nenhuma se estabelecesse... ia ficar um negócio meio vago e ninguém ia ter noção de nada (...)*

Na aula 06, em 22/03/2012, o professor perguntou “levamos ou não levamos o Tycho Brahe para o Ensino Médio?” Por que sim? Por que não?

E4: (...) *eu acho que deve contar a história verdadeira... faz parte da ciência (...)*

E11: (...) *pode ser uma complicação contar a história verdadeira... os alunos no contexto histórico... vão achar que ele era um louco... que o trabalho... não... não... assim do nada (...)*

Na aula 08, em 29/03/2012, o professor dividiu a sala em dois grupos. E4 estava no grupo 1.

Ainda na aula 08, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa, mais especificamente sobre o dispositivo utilizado por Galileu para as medições dos tempos no experimento do plano inclinado, E4 disse que Galileu e sua ideia eram geniais:

E4: (...) *genial a ideia também... é genial (...)*

Após o professor pedir para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu) - ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi colocado - E4 questionou a colocação feita por E18:

E18: (...) *A gente sabe... a gente cria modelos para tentar explicar o que o que está acontecendo (...)*

E4: (...) *por que é que eu tenho que fazer isso? Porque ela é complexa... não porque ela é simples... ela não sabe criar modelos (...)*

Na aula 09 (03/04/15), E4 comentou a história descrita por E7 e fez comentários com base na leitura do capítulo 7 (As leis de Kepler do movimento planetário):

E7: (...) *o que é que o professor comenta... ah é impossível o cara começar a bolar uma experiência... uma teoria física que seja... sem uma concepção prévia... tem isso que ele estava lá ensinando sobre os triângulos concêntricos... quer dizer... inscritos e circunscritos num círculo... aí numa aula dele... deu um estalo... deu um insight (...)*

Professor: (...) *então ele estava lá dando aula... acho que... como se ninguém existisse e de repente... os alunos ficam lá... uma tábua rasa (...)*

E4 (...) *imagino ele lá dando aula... percebeu aquilo... olhou e saiu (...)*

Professor: (...) *se isolou... e do nada já saiu (...)*

E4: (...) *outra coisa que eu achei legal... que ele começou a fazer os cálculos dele e viu que não estava certo... tentou conseguir provas contrárias... em um ano só... ele trabalhando com o Brahe percebeu o quanto era importante ter dados... ter precisão naquilo que está se medindo... acho que ele foi influenciado pelo Brahe... nesse tempo que os dois trabalharam juntos (...)*

E8: (...) *ele foi trabalhar com o Tycho Brahe... tinha observação e tinha já uma base matemática (...)*

E8: (...) *e a forma que o Tycho Brahe... era um astrônomo muito preciso... prezava pela precisão... já circulava pela... pela província... sei lá... depois assumiu o posto de matemático da corte... depois que o Tycho Brahe morreu (...)*

Ainda sobre a aula 09, E4 criticou o posicionamento de E17 que defendeu que o ensino da Lógica e da Matemática é mais fundamental que o ensino da HC no Ensino Médio (posicionamento que veio à tona após o E18 defender a possibilidade do uso da HC no Ensino Médio), E4 assinalou algumas implicações do que foi dito por E17:

E17: (...) *eu acho que a Matemática é fundamental... eu acho que Lógica é mais fundamental que qualquer ensino de História... eu acho... que vai despertar um pensamento crítico assim no aluno... é o pensamento lógico... do 2º grau... do ensino básico... eu acho que... eu prezaria muito mais a Lógica... mais ainda do que a Matemática do que o ensino de História... porque... não adianta o cara ler História sem ter um pensamento crítico... sem saber o que pensar sobre aquilo ali... quais são as perguntas possíveis... eu acho que a lógica seria fundamental para despertar um pensamento crítico... um pensamento racional... um pensamento que leve a várias perguntas diferentes... então eu prezaria como professor muito mais o ensino matemático... da lógica aristotélica... lógica mesmo... básica... para... com o intuito de desenvolver o pensamento assim... eu acho que seria mais efetivo do que um ensino de História sem crítica... porque vai ficar... o cara vai ter que decorar a História (...)*

E4: (...) *perceber que as coisas não caem do céu... que deu trabalho... demorou muito para ser construído... aquela tua fórmula ali... as coisas não são assim... do nada (...)*

Professor: (...) *investir no pensamento lógico tem vantagem... claro... aí as coisas vão operar... com certeza esta pessoa vai achar que as coisas caem do céu... que não precisa de contextualização... e por aí vai... que as coisas são tudo lineares... a ciência vai galgando cada passo... cada passo... sempre no presente... não tem idas e vindas... não tem hesitações... não tem erro... e daqui a pouco se a pessoa acha que... não vai poder contribuir desse jeito... como é que faz... o aluno ver nenhum problema... tudo funciona assim como uma máquina tem... acertado (...)*

Na aula 10, o professor deu início ao trabalho de sala de aula com a vídeo-aula intitulada “Imagens deformadas do trabalho científico” (hipermídia do curso de licenciatura em física na modalidade à distância) e depois disse que os estudantes iriam ver essas imagens da ciência apresentadas na vídeo-aula ao longo da disciplina, bem como deveriam apresentar pelo menos um contraexemplo das imagens deformadas (termo que eles poderiam substituir por inadequadas) nos seminários. E4 participou da aula sem tecer críticas ou manifestar claramente suas concepções sobre a NdC.

Na 11ª aula, mesmo atenta às discussões, E4 não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 12, após o professor retomar a discussão do capítulo 4, E4 comentou que: (...) *a igreja começa agora a perder um pouco... a sua autoridade a partir desse ponto? Ou ela não tem tanta diferença? (...)*

Na 13ª aula, após ler o trecho dos Principia que diz respeito a um experimento com pêndulos realizado por Newton, o professor perguntou aos estudantes se o que ele leu estava claro. O questionamento referia-se à linguagem utilizada por Newton nos Principia e após E4 mencionar que no Óptica, Newton é bem detalhado:

Professor: (...) *está claro? O que quer dizer isso aí? ... O que quer dizer isso aí? ... O que é esse resultado que eu acabei de ler? ... depois vocês podem dar uma linha aqui para ver o que o Newton fala (...)*

E8: (...) *ainda bem que existe transposição didática... risos (...)*

Professor: (...) *agora talvez não tivesse outra maneira de apresentar acessível às pessoas... tanto que na Óptica... na Óptica ele é muito mais claro (...)* eu estou com uns livros lá ..., mas eu trago na próxima aula para vocês verem... é... *na Óptica é fácil de ver não nenhuma Matemática como essa... nada... um outro livro... do mesmo autor... forte? (...)*

E4: (...) *Na Óptica ele é bem detalhado... nossa! (...)*

E3 e E4 perguntaram quanto tempo depois dos Principia, Newton escreveu o Óptica:

Professor: (...) *Digamos que uns... depende... depende... digamos que quando o Newton... a Óptica foi em 1704... o Principia foi antes disso 50 anos antes... mas é que o Newton já tinha desenvolvido um monte de trabalhos fortes... ele começou a... as primeiras aulas que ele deu foi em Óptica então ele tinha muita coisa escrita... inclusive várias cartas lá... depois ele adaptou... transformou deixou mais e... transformou em um livro... porque se só ver o livro foi muito tempo depois... já tinha feito alguns experimentos... depois que apareceu na forma de um livro... muitos trabalhos do Newton sobre cores... o prisma por exemplo (...)*

E4: (...) *o Newton... ele não era de publicar as coisas(...)*

Professor: (...) *ele não publicou os outros materiais... as outras... os outros interesses dele que ele não publicou (...)*

E4: (...) *eu li no livro que o autor falava que ele levou muito tempo para publicar... algumas coisas ficavam guardadas... ele não publicava (...)*

Professor: (...) *vocês percebem... uma publicação é tempo que se perde (...)*

E4: (...) *eu nunca vi... sempre procurei, mas nunca vi nada sobre o trabalho de Alquimia de Newton(...)*

Professor: (...) *é porque eu acho que não tem comprador... para essa ideia (...)*

E18: (...) *eu sempre tive curiosidade de como era esse trabalho... penso em Alquimia... penso logo num cara transformar... qualquer coisa... um isqueiro em ouro assim... só que*

imagino que não era esse o trabalho de Newton... ele não era um ser humano... eu não acredito que ele ia pensar nesse tipo de coisa... eu fico bem curioso (...)

Professor: (...) *O quê que o Newton queria com a Alquimia? (...)*

Ainda na aula 13, o professor apresentou uma história em quadrinhos da Magali que tratava da descoberta da lei da gravitação universal, mas de uma maneira bastante singela. O professor perguntou para a turma o que de problemático poderia ser detectado na historinha. E4 comentou que a historinha dá a sensação da descoberta em um estalo:

Professor: (...) *quais são os problemas que a gente pode detectar nesta pequena história? Primeiro as coisas positivas para depois... primeiro o bom depois o não bom... bom... divertido... risos... nosso ponto de vista o que seria então problemática aí? (...)*

E3: (...) *eu acho que as crianças conseguem associar muito melhor... Newton com gravidade... mesmo assim eu acho que isso ajuda depois (...)*

E1: (...) *ajuda, mas pode atrapalhar no sentido dela... endeusar o cientista (...)*

Professor: (...) *a ideia do gênio que... que mais? (...)*

E14: (...) *que num' start' descobriu que (...)*

E4: (...) *a sensação que está ali é que ele descobriu a gravidade... descobriu a gravidade... num estalo (...)*

Professor: (...), *mas quem disse que ele não estava pensando antes? Depende do ele estava pensando antes (...).*

No início das discussões na aula 14 (26/04/2012), capítulo 6, E4 comentou a forma como Newton fez valer suas ideias:

E11: (...) *muito inteligente como as coisas foram feitas na escrita. Como inserir a mecânica newtoniana ou as ideias de Newton, as ideias de Newton, nas entrelinhas, muito inteligente. Risos (...)*

Professor: (...) *como era difícil fazer as ideias de Newton inclusive na Inglaterra, uma surpresa até, até na própria Inglaterra... o Newton não tinha espaço (...)*

E4: (...) *tinha bastante fã, bastante seguidores que foram disseminando as ideias dele, e se não fosse isso seria muito difícil para ele(...)*

E11: (...) *será que ele não tinha seguidores que ele era influente? (...)*

E11: (...) *mas tem uma parte aqui, está escrito aqui a opinião de alguém que diz que nenhum outro momento uma obra tão influente foi lida por tão poucas pessoas(...)*

Na aula 15 (seminário 01, 03/05/2012), 16 (seminário 02, 07/05/2012), 17 (seminário 4, 10/05/2012) e 18 (seminário 3, 14/05/2012), E4, mesmo atenta, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 19 (seminário 5), em 17/05/2012, E4, juntamente com E2, apresentou o seminário 5. Após E7 perguntar se Kirchhoff era um físico teórico ou experimental, E4 disse: (...) *aqui eu acho que vai ficar bem claro que a Física não se faz mais sozinha, que a tecnologia tem impulsionado, que agora começa um dar pitaco um no trabalho do outro. Agora aqui a Física, realmente, fica bem evidente que se faz em conjunto. A ciência faz em conjunto, não mais cada um em seu calabouço (...)*

Acerca da obtenção das leis de Stefan-Boltzmann, Wien e de Rayleigh-Jeans a partir da equação de Planck.

E4: (...) *então, só para a gente se situar um pouquinho o que acontece, desde o início ali com o Kirchhoff que foi que iniciou seus estudos em 1860, até então... Maxwell não tinha se pensado suas equações e... Hertz só em 1888 ele comprova as equações de Maxwell. Então, desde de Kirchhoff até chegar Planck foi 40 anos, então para gente mostrar que isso é realmente é um processo (...)*

E2: (...) *a ciência ela não é linear, o processo é tortuoso, um diz uma coisa, alguém vem e comprova, outros afirmam uma coisa que não é possível se sintetizados ainda fazer uma teoria que vai ser comprovada ou não comprovada necessariamente (...)*

E4: (...) *é então aqui mostra também que acho que uma dessas imagens distorcidas que a ciência não se faz de um dia para outro que realmente é um processo árduo, primeiro vem um estudo, depois comprova... então foi quarenta anos aí até se chegar... Planck mostrar sua equação(...)*

Depois que E2 mencionou que assim como Planck, os resultados de Einstein também não foram aceitos tranquilamente. E4 completou argumentando da seguinte forma: *(...) tudo que é apresentado como novo tem certo... certo choque nas pessoas, a longo prazo vão aceitar assim... é... senão teriam muitas teorias absurdas por aí(...)*

Nas aulas 20 (seminário 06, em 21/05/2012), 21 (seminário 07, em 24/05/2012), 22 (seminário 08, em 28/05/2014), 23 (seminário 09, em 31/05/2012) e 24 (seminário especial 01, em 04/06/2012), E4 não expôs explicitamente sua visão sobre a NdC.

Nas aulas 26 (seminário 10, em 14/06/2012), 27 (seminário 11, em 18/06/2012), 28 (seminário 12, em 21/06/2012), 29 (seminário 13, em 25/06/2012), 30 (seminário 14, em 28/06/2012) e 31 (seminário 15, em 02/07/2012), E4 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na 32ª aula, em 05/07/2012, E4 apresentou, juntamente com E2 e E18, o seminário 16.

Sobre a introdução do capítulo 4 do livro-texto:

E4: *(...) é o último seminário que fala, fala sobre Física Contemporânea, está aí muitas das pessoas envolvidas, os cientistas e que estão vivos, que é bem legal, risos... Isso é bem bacana, risos, bem contemporâneo, bem recente, então a gente já percebe que nesse período não tem tanta, tantas figuras assim como que acontecia lá com o Newton da maçã que caía na cabeça dele, então já não gera tantas historinhas por volta de, nesta parte já não geram tantas essas historinhas, a gente já percebe isso, o fato de ser mais recente, da gente está acompanhando o tempo todo, acho que isso é um lado bem bacana (...)*

Sobre a detecção experimental das partículas V:

E4: *(...) aqui é muito legal, que a experiência e a teoria tão caminhando meio que junto, os experimentos vão se aprimorando à medida que as teorias vão avançando também (...)*

Comentários decorrentes da notícia sobre a detecção do Bóson de Higgs

E18: *(...) gostoso de ver como a teoria vai se criando assim, a gente não tem esse sentimento quando a gente aborda as outras assim, porque a gente não está vivendo isso, e agora que é uma coisa tão complicada, você vê assim, os caras descobrem uma partícula, descobrem outra, pô tem alguma coisa que não fecha, juntos a gente sente como é que eles estão montando, a trajetória toda, eu achei bem, bem gostoso ter essa, se sente, se sente quase participante assim (...)*

E4: *(...) é muito legal que a teoria, vai surgindo as partículas depois é comprovada na experiência também, as coisas vão se comprovando depois (...)*

E18: *(...) e também o inverso, encontram a... não teve esse (...)*

Professor: *(...) e tem toda uma matemática pesadíssima... não foi tão simples assim (...)*

E4: *(...) ainda que voltar umas aulas muito atrás que parece que eu tinha a sensação de que a ciência não evoluiu assim nos últimos anos, uma coisa que a ciência evoluiu bastante nesses últimos anos (...)*

Após o professor pedir sugestões à turma para os próximos seminários:

E4: *(...) eu acho que a gente nunca vê essa ordem cronológica do que as coisas vão acontecendo, quando pego o livro do Heisenberg que a gente está estudando, a gente só vê o, chega lá na teoria do Planck, mas não vê o tudo, o resto que teve por trás daquilo então (...)*

Trajétória de E5

E5 faltou a 12ª, 19ª e a 21ª aula. Nas aulas 02 (08/03/2012), 03 (12/03/2012), 04 (15/03/2012) e 05 (19/03/2012), E5, mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 06 (22/03/2012), porém, em resposta a provocação feita pelo professor acerca do que os estudantes diriam sobre Tycho Brahe para os seus colegas do curso de

Física I (algo que fizesse sentido para eles), E5 pareceu considerar o papel das hipóteses no processo de construção do conhecimento científico:

Professor: (...) *para levar tem que... colocar dentro... do contexto histórico... senão... não vai... o que que adianta (...)*

E14: (...) *para época o cara revolucionou (...)*

E18: (...) *se você quer simplesmente dar uma ideia para os alunos... nada é tão redondo quanto parece (...)*

E3: (...) *sou física... aí eu estou num dia super bem... tenho uma ideia... veio a teoria atômica na minha cabeça... é complicado... ô... não é assim... eu acho que tem alguns detalhes que tu podes falar (...)*

E18: (...) *tem que falar... as medições... o sistema do cara não é tão bom como deveria ser... adequiei ao meu modelo (...)*

E5: (...) *não veio do nada... vem tentando... tentando(...)*

E14: (...) *ele não partiu do nada (...)*

E3: (...) *eu passei a vida toda fazendo medida para chegar no fim ter uma tabela confiável... não foi de um dia para o outro(...)*

Na aula 07 (26/03/2012), E5 não expôs explicitamente sua visão sobre a NdC.

Na aula 08, em 29/03/2012, o professor dividiu a sala em dois grupos. E5 estava no grupo 1:

E5: (...) *nós poderíamos colocar o Galileu contextualizado... e mostrar que a ciência não é uma coisa linear, mas que acontece através de erros e acertos etc... e a partir da história de Galileu... como ele se interessou pela Astronomia e pelo movimento... daria para descrever toda a Física que é vista... por exemplo... no Ensino Médio... daria para a partir dele falar de Astronomia... falar de Óptica... falar da Cinemática... da Dinâmica... e depois falar do Eletromagnetismo... que são as cargas em movimento... e depois falar então de Fluidos e da Termodinâmica... do início de Galileu... você poderia fazer toda a Física... unificar as coisas... ele poderia ser o marco central e a partir daí... dele a gente elencar a Física (...)*

Ainda na aula 08, o professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi colocado. E5 pareceu chamar atenção para o fato do conhecimento científico ser um processo também sujeito a erros:

E7: (...) *e trabalhou em várias áreas não só em uma área... não só em uma área específica(...)*

E17: (...) *que ele se transforma com o tempo... que ele adquire (...)*

E5: (...) *que ele é falível (...)*

Professor: (...) *que ele é falível... ele erra... ele mudou de opinião... então viu que estava equivocado em certas coisas... então não tem nada de ser perfeito que... funciona tudo sempre direitinho (...)*

Nas aulas 09, 10, 11, 13, 14, 15 e 16, E5 não apresentou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 17, após o professor revelar que Balmer era professor da escola secundária, bem como que ele chegou a uma relação para as linhas do espectro visível do Hidrogênio com 59 anos, E5 expôs que:

(...) *isso vem de encontro com outra imagem deformada da ciência de que só homens e pessoas jovens conseguem uma boa ideia (...)*

Nas aulas 18, 20 e 22, E5 não expôs suas concepções sobre a NdC.

Na aula 23, E5, juntamente com E8, apresentou o seminário 09 (capítulo 3 - Sobre a luz, subcapítulos 3.1 a 3.6 - do livro de textos 4):

E5: (...) *Huygens e Newton eram contemporâneos e eles tinham duas imagens distintas sobre o que eles estavam tratando, sobre a luz, então por isso a separação do nome... o que Huygens imaginava, o que o Huygens estudou etc, depois o que Newton fez, tinham divergências e daí como o... falou, a gente tenta relacionar com as imagens deformadas da ciência, porque cada uma foi uma construção e a óptica passou pela construção dos dois (...)*

E5: (...) o Huygens era um cara muito experimental, então ele fazia dessa forma, vai ser um contraponto com Newton. Newton já era teórico, fazia... também fazia experimentação, mas é como base de maneira geral (...)

E5: (...) Essa construção que se tem ao longo do tempo já dá para a gente fazer um primeiro apontamento de uma imagem distorcida da ciência que é a visão individualista, é de que só um deles teria chegado e tirado do bolso a teoria da luz, não, teve Huygens que, como a gente já falou, foi experimental, já fez vários experimentos... desde antes, desde as meninas, é claro, sim, aqui no seminário, desde as meninas que trouxeram exatamente... mas enfim de que ela não é individualista, não é feita na sua torre de marfim do seu castelo lá, tem todas as contribuições e isso não estamos vendo aqui e com certeza tiveram outras também (...)

E5: (...) que é que vem relacionar a visão rígida de ciência, mais uma imagem deformada de que a ciência tem que ser construída pelo método experimental, pelo método científico... tem a experimentação, aquele passo (...)

E5: (...) é para dizer o quê que a gente comentou lá que vai passear por três momentos e isso eu acho que abre para gente falar sobre a visão aproblemática da ciência, que... bem que a gente imagina que não exista uma, exista uma única, não existe uma evolução, uma situação, uma evolução de maneira que pode acontecer quando mesmo você erra então vai lá fale um pouco sobre o éter, volta atrás e de repente aquele problema que ele tinha evolui porque ele pensou que... daquela forma equivocada, então a visão aproblemática da ciência pode estar caracterizada nos diferentes passeios que você dá pelo éter (...)

E5: (...) de novo a ciência é construída por um pouquinho... as meninas já falaram antes, as contribuições como antes... um pouquinho de Huygens, um pouquinho de Newton, Fizeau, Foucault... então quer dizer... teve uma conjunção de ciência (...)

E5, nas aulas 24 (seminário especial 01), 26, 27, 28, 30, 31 e 32, não apresentou explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02, em 11/06/2012) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E5, concordaram com tais aspectos.

Na aula 29, E5 apresentou, juntamente com E1 e E14, o seminário 13. Contudo, de E5 não emergiu posicionamentos referentes à NdC.

Trajetória de E6

E6 faltou a 6^a, 14^a, 21^a, 25^a e a 29^a aula. Nas aulas 02, 03, 04, 05 e 07, E6 não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 08, em 29/03/2012, o professor dividiu a sala em dois grupos. E6 estava no grupo 1.

Nas aulas 09, 10, 12, 13, 15, 16, 17 e 19, E6 não manifestou suas concepções sobre a NdC. Na aula 18, contudo, E6, juntamente com E9 e E17, apresentou o seminário 03. No início do seminário E9 disse:

(...) sobre o atomismo do século XIX, o átomo ora ele é personagem central ora ele... do ponto de vista científico, está sempre acirrando disputas científicas (...)

Após E18 perguntar: o que é entropia? E17 respondeu:

(...) foi construído isso daí aos poucos, o que é entropia? Começou com o Clausius tudo bem, mas aí veio o Boltzmann também acrescentou coisas que daí associou entropia, na verdade, a microestados do sistema e macroestados do sistema também... na verdade, ele foi um conceito que foi desenvolvido assim aos poucos, não foi ah puf (...)

Após E6, E9 e E17 explanarem sobre do que depende o movimento browniano:

Professor: (...) então as experiências não são feitas ao acaso? ... São pensadas? Tem hipóteses por trás e o experimento vai corroborar, ou não, com essas hipóteses (...)

E17: (...) *ah não. Certamente (...)*

E17: (...) *exatamente, não tem imagem nenhuma da ciência, isso que você coloca está no texto... senão das críticas que se faz das imagens distorcidas da ciência (...)*

Na aula 20, E6 apresentou, juntamente com E17, o seminário 06.

Depois que E6 mencionou a intuição de Bohr no que se refere aos postulados, e a partir disso, o professor comentou que ainda tem gente que fala de método:

Professor: (...) *e tem gente que ainda fala em método não é (...)*

E17: (...) *é, exatamente... risos! (...)*

E6: (...) *é isso aí... já é um dos contra das visões distorcidas (...)*

Sobre a descoberta de outras séries:

E6: (...) *tem hora que os experimentos vêm antes, tem hora que ele prevê as coisas antes e depois do experimento, isso é coisa lá que tem a ver com aquelas ideias distorcidas, que aí, nesta época aí estavam andando tudo misturado, experimentos, teoria, tudo junto, não é uma coisa de cada vez (...)*

Nas aulas 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31 e 32, E6 não expôs claramente sua visão sobre a NdC.

Trajetória de E7

E7 faltou a 10^a, 18^a, 24^a e a 32^a aula. Nas aulas 02, 03, 04, 05 e 06, E7 mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 07, após o professor perguntar para E18 se ele olharia para um instrumento detector de fantasma (uma alusão à falta de credibilidade do telescópio de Galileu perante os aristotélicos, E7 indagou: (...) *qual é a base teórica? (...)*

Na aula 08, em 29/03/2012, o professor dividiu a sala em dois grupos. E7 estava no grupo 2.

No que diz respeito à NdC, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa (aula 08), após o professor perguntar se a ciência experimental nasce do nada, E7 acrescentou que também parece que foi de um dia para o outro:

Professor: (...) *mas para ser ciência experimental não tem que ser... por experimentos ou ela nasce do nada... só da ficção... da Filosofia? (...)*

E1: (...) *tem uma parte teórica... mas para ser ciência experimental... tem que tentar (...)*

E8: (...) *um outro texto em que... esteja em voga o que a comunidade científica aceita como correto naquele momento (...)*

E1: (...) *a questão para mim é que a experiência... é uma lenda (...)*

E7: (...) *sem contar que parece que foi de um dia para o outro (...)*

Adiante E7 respondeu a pergunta feita pelo professor (qual o papel da experimentação na física do Galileu?) da seguinte forma:

Professor: (...) *qual o papel da experimentação na física do Galileu? (...)*

E7: (...) *eu acho que ele dá validade a teoria dele (...)*

Posicionamento de E7, entre os comentários e posicionamentos em resposta a seguinte colocação do professor (aula 08): Galileu parte do experimento e a partir daí, do nada, chega a alguma coisa, ou usa o experimento para corroborar?

E3: (...) *utilizou o experimento para corroborar... pronto... todo mundo concorda (...)*

E7: (...) *é fundamental se ele fez também... que aí ele quebra... ele faz a diferenciação entre Física e Filosofia mesmo... neste ponto ele começa a experimentar... partir de uma ideia... botar em prática para mostrar alguma coisa (...)*

O professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi colocado.

E11: (...) *deixar claro que nada surgiu do nada... ele demorou a vida inteira (...)*

E7 (...) e trabalhou em várias áreas não só em uma área... não só em uma área específica(...)

E17: (...) que ele se transforma com o tempo... que ele adquire(...)

Na aula 09, com base na leitura do capítulo 7 do livro-texto intitulado Força e Movimento: De Thales a Galileu, E7 disse:

(...) o que é que o professor comenta... ah é impossível o cara começar a bolar uma experiência... uma teoria física que seja... sem uma concepção prévia... tem isso que ele estava lá ensinando sobre os triângulos concêntricos... quer dizer... inscritos e circunscritos num círculo... aí numa aula dele... deu um estalo... deu um insight (...)

Mais comentários ainda com base na leitura do capítulo 7. Os estudantes estavam se referindo ao Kepler:

Professor: (...) não... claro que não... ele fez uma generalização... se a Terra tem uma órbita ovalada e Marte também tem... os outros também têm... então nem sempre as generalizações são tão ruins assim (...)

E7 (...) nesse ponto aí... ele percebe que é o lance que o Galileu fez... ver a simplicidade da natureza e nesse foco que ele poderia explicar essas excentricidades todas... mais complexas (...)

Segue o relato de E7 na aula 11, após o professor perguntar como foi o minicurso História da Física, ministrado pelo professor Roberto Martins (UNICAMP) na II Semana Acadêmica de Física da UFSC:

E7: (...) mas ele passou bem esse... que a descoberta não é feita ao acaso... pelo que a História da Ciência conta... parece que... o cara estava lá sentado debaixo da macieira... caiu uma maçã e descobriu... ele passou bastante isso (...)

E7 disse que o Roberto Martins falou no minicurso História da Física que o Newton usava sua influência política contra seus adversários:

E7: (...) que ele usou a influência política que ele tinha contra, por exemplo, contra o Leibniz(...)

Na aula 12, depois do professor comentar que Newton não fazia os seus experimentos do nada, que ele tinha ideias preconcebidas, E7 disse: (...) sem contar que Newton tem as ideias dos anteriores... Descartes (...)

Na aula 13, após o professor perguntar aos estudantes se eles não achavam espetacular a intuição de Hooke em perceber que um objeto submetido a uma força central, não vai para o centro devido ao balanço entre a velocidade do objeto e o raio da trajetória:

E7: (...) nessa época o Newton já tinha o prestígio que tinha, de ser um grande cientista, um cara que resolvia todos os problemas? (...)

Após o professor provocar a turma com a frase: "Tudo era treva, Deus disse faça-se Newton". Concordam ou não?

E7: (...) uma outra citação do Newton que tinha comentado agora que ele olhou em cima do ombro de gigantes... nem mesmo ele acreditava nisso (...)

Nas aulas 14 e 15, E7, mesmo atento, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 16, E7, juntamente com E15, apresentou o seminário 02. E7, com base na narrativa histórica do livro-texto, foi ao encontro da concepção sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Após o professor intervir para chamar a atenção dos estudantes sobre o cuidado ao realizar uma pesquisa na Internet, E7 comentou:

(...) esse trabalho do Paracelso, ele começa a manipular os elementos fazer... farmatologia, tipo, já dá uma fundamentação assim, tipo, meio que já a fase, já pensando na Química, alguma coisa assim bem, bem sutil sem as bases teóricas sem nada, só na experimentação (...)

Sobre os experimentos de Lavoisier e os experimentos de Cavendish:

E7: (...) depois do Lavoisier levou alguns anos para o pessoal desacreditar no flogístico... foi uma teoria bem aceita (...)

Ainda sobre os experimentos de Lavoisier e os experimentos de Cavendish:

E7:(...) *aquele cara do Nobel de Química que ele disse que essas ideias são provisórias, elas só... elas servem para você ter uma construção, depois você vê se seu conceito inicial vale ou não vale e assim você vai fazendo ciência, construindo conhecimento (...)*

Na aula 17, no tocante ao experimento de Crookes com raios catódicos, E14 e E7 se posicionaram da seguinte forma:

E14: (...) *não se vê consenso na natureza dessas emanções, então para Crookes elas eram partículas, para Hertz e outras cientistas era um fenômeno ondulatório do elétron... não é um negócio linear, a ciência não é construída linearmente, tem várias crises aí nela que delimitam para onde ela vai ser construída (...)*

E7: (...) *talvez aí dá para ver outra visão distorcida da ciência, tipo, para que os grandes períodos que a ciência realmente evoluiu são os períodos de crise que têm mais perguntas do que as respostas... o período normal é praticamente descartável (...)*

Na aula 19, 20, 21, 22 e 23, E7 não expôs explicitamente sua visão sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E7, concordaram com tais aspectos.

Na aula 26, na qual E7 apresentou o seminário 10, juntamente com E18:

E7:(...) *a Mecânica de Newton está tão forte, é um corpo conceitual tão sólido que vira referência, todos os cientistas depois de Newton, como o professor comentou, eles são muito bem influenciados, tipo, segundo, nas ideias do Thomas Kuhn seria o período de ciência normal, começa o paradigma newtoniano (...)*

Acerca da interpretação, que está no livro-texto, a respeito da “descoberta acidental de Oersted”:

E7: (...) *isso é prova da capacidade dele como cientista, se fosse uma outra pessoa ou um outro professor qualquer que visse isso, talvez não desse a devida importância, que era um problema crucial na época, tipo, não que ele tivesse buscando unir o eletromagnetismo, mas as pessoas especulavam por cima assim (...)*

Sobre a contribuição de Arago, Gay-Lussac, Biot e Savart para o Eletromagnetismo:

E7: (...) *eles ajudaram a contribuir com essa, com a unificação mesmo da força magnética, do eletromagnetismo (...)*

E7: (...) *dá para perceber também que é uma comunidade que faz o avanço científico não é só um indivíduo isolado que causa uma contribuição para ciência (...)*

Nas aulas 27, 28, 29 e 31, E7 não explanou diretamente sua concepção sobre a NdC.

Trajetória de E8

E8 faltou a 06^a, 12^a, 15^a, 25^a e a 32^a aula. Nas aulas 02 e 05, E8 mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem suas concepções sobre a NdC.

Na aula 03, porém, E8 indagou sobre a diferença entre o estilo Newton dos Principia e o Newton do Óptica: (...) *alguém em algum momento questionou se a obra das luzes era realmente de Newton... devido a tamanha diferença? (...)*

Na aula 04, E8 pôs a vista questionamentos que sinalizaram visão sobre a NdC em concordância com a concepção defendida/problematizada pelo professor, como a contraposição à concepção acumulativa (de crescimento linear) e à concepção neutra e descontextualizada do conhecimento científico. Ainda na aula 04, E8 expôs uma visão metodologicamente rígida do fazer científico, após E18 comentar sobre a dificuldade de uma boa ideia superar as ideias de Aristóteles:

E8: (...) *você tem uma ideia muito concisa... uma ideia que é interessante... que pode explicar algumas coisas que o Aristóteles não explicou..., mas eu continuo sendo Aristóteles... e você não tem ao seu lado a ideia da experimentação que é uma ideia muito*

forte que vai talvez derrubar Aristóteles depois... como é que você vai fazer as pessoas aceitarem... se que eu ainda sou o Aristóteles e você é o (...)

Nos questionamentos que emergiram após o professor mencionar que são ideias contra ideias e aquela que estiver mais bem estruturada será a predominante:

E8: (...) *e for estruturada pela pessoa mais importante(...)*

E10: (...) *ideia que ficar prevalecendo por algum... muito tempo... também dá uma força para ela... o fato do Aristóteles ter ficado... quando mais tempo vai durando parece que... mais forte ela fica... mais difícil de (...)*

E8: (...) *quanto mais tempo ele vai ficando estabelecido mais tempo ele vai se estabelecendo(...)*

O professor resumiu o questionamento de E8 com a seguinte questão para a turma: o Aristóteles foi ou não um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência?

E8:(...) *eu acho que não seria um atraso por não ter acontecido... a gente teria que esperar esses caras contestarem Aristóteles porque Aristóteles existiu... se evoluiu foi porque começou... então tem que começar(...)*

E10: (...) *mas não poderia ter começado de outra forma... alguém que faria diferente (...)*

E8: (...) *será que teria começado se ele não tivesse começado (...)*

E17: (...) *sim cara... lógico que sim cara... tinham vários pensadores (...)*

E8: (...) *não... eu acho que não foi um atraso (...)*

E11: (...) *de certa forma foi... na época de Aristóteles tinham outros pensadores (...)*

E10: (...) *não com a força que ele tinha (...)*

E8: (...) *a gente tem que considerar a ideia de que viriam outros tão fortes quanto ele... para se estabelecerem(...)*

E10: (...) *o fato de não se estabelecer as vezes é bom porque as ideias vão mudando e vão evoluindo um pouco mais rápido se não tivesse alguém com ideias tão fortes quanto às dele... poderia ter evoluído um pouco mais rápido (...)*

E6: (...) *como eles divulgavam as ideias para as pessoas... escreviam tudo a mão é claro..., mas essas ideias eram passadas entre os filósofos... ou era passada para o povo? (O professor revelou para E6 que as ideias eram passadas para as pessoas que eram aptas a entender essas ideias, e que existiam os copistas).*

E3: (...) *pois é... hoje em dia a gente ainda vive isso de... é diferente da época mais mesmo assim continua com a mesma ideia (...).* (E3 referiu-se à força de quem é considerado autoridade no assunto).

E10: (...) *as pessoas continuam acreditando naqueles que tem mais... sabe... mais influência (...)*

E8: (...) *se existe algo estabelecido... existe também uma vontade contrária de querer embate no que está estabelecido... então será que o Aristóteles não tivesse tão estabelecido... com aquelas ideias... será que existiriam tantas mentes tentando provar que ele estava errado(...)*

E8: (...) *eu nem sei se concordo... eu fiquei meu em cima do muro... assim... é difícil pensar... é uma pergunta muito difícil de responder (...)*

E18: (...) *A minha dúvida... era a influência que ele tem foi tipo assim... soltei um 'paper' aí..., mas aí explodiu... ou o cara era muito bom de papo... tem gente que sabe fazer ciência... tem gente que além de fazer ciência... sabe influenciar... tem aquele dom... se você tivesse que dom também... é complicado você medir... porque... tanta gente criticando... se o cara conseguiu passar... vender o peixe dele (...)*

E8: (...) *Aristóteles era discípulo de Platão cara... porque Platão já era um cara bem estabelecido... por causa do diálogo... isso Platão era discípulo de Sócrates e Aristóteles de Platão... então... então ele já tinha esta importância por ter sido o discípulo de Platão e Platão de Sócrates... existe uma relação de poder por causa disso (...)*

E10: (...) *mas a questão é se ajudou ou piorou para o desenvolvimento da ciência... eu acho que piorou... eu acho que as pessoas... podem mais facilmente separar... e propor suas ideias se não tiver o Einstein... assim... como é que eu vou... está lá o Einstein dando aula... como é que eu vou poder dizer que ele está errado... eu não vou ter coragem de dizer que*

está... as pessoas não tem aquela facilidade de propor suas ideias se tem aquele... se tem alguém que tem uma ideia que todo mundo concorda com ela (...)

E4: (...) se cada um tivesse uma ideia diferente e nenhuma se estabelecesse... ia ficar um negócio meio vago e ninguém ia ter noção de nada (...)

E3: (...) ou então se estabelece, mas não se estabelece por tanto tempo... se estabelece está... aí todo mundo vê... tem ideia daquilo... ah tem alguma coisa errada... aí alguém vai lá e desmola o que se estabeleceu... ah não é isso aí está errado... aí vai lá e se estabelece (...)

E8: (...) mas isso não funciona assim cara... existe (...)

E3: (...) não se pode estabelecer por certo tempo... um ano... dois anos... é um século (...)

E17: (...) eu acho que é um problema do próprio método filosófico... você não tem como demonstrar se uma ideia é de fato coerente ou não... vai ser uma ideia... se você pegar duas teses diferentes e se elas satisfaçam logicamente seus princípios... como vai escolher uma ou outra é uma questão de estética... é uma questão de gosto... na Filosofia o que vai importar vai ser a estética não tanto sei lá... a funcionalidade da ideia... de repente o Aristóteles... estava associado a uma ideia esteticamente mais bela do que as outras ideias... só mais por isso... de repente mais do que pela funcionalidade da ideia... em Filosofia o que vai importar mesmo vai ser essa estética da ideia... o que as pessoas vão seguir... a beleza... mais do que a funcionalidade... mas a coerência lógica já é a premissa básica... é lógico... é factível... tem que ser ... senão você descarta (...)

E8: (...) a gente pega o mais simples... se as duas explicam o fenômeno (...)

E17: (...) ou a mais bela (...)

E18: (...) por exemplo... se fosse como antigamente nem ia acreditar... ninguém nem ia olhar os dados do cara... porque não... estava lá..., mas Einstein falou... suspeito... está funcionando... ignora isso daí mesmo parecendo uma injustiça para todos nós... ainda foi revisto o 'paper'... foi revisto o material... foi refeito o experimento... mais de duas vezes... para tentar ver se aquilo ali era ou não coerente (...)

E18 referia-se ao experimento no qual detectaram que a velocidade do neutrino ultrapassou a velocidade da luz no vácuo.

E8: (...) acho que a gente está à beira da quebra de um paradigma gigantesco... assim... acho que nossos filhos vão falar... meu pai era um idiota (...)

Posicionamentos que vieram à toa após o professor levantar a seguinte questão: se alguém chegasse assim, vou fazer um experimento aonde vou te mostrar o moto perpétuo, o que você diria? O professor também chamou a atenção dos estudantes sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento, uma vez que, segundo ele, pelo experimento puro e simples pode ser bolado algo para nos enganar, isto é, não é apenas o experimento que irá dar tudo:

E8: (...) se eu não parasse para pensar... esse cara está maluco... prova... como... com o método científico..., mas o método científico é adicionado pelo Kuhn (...)

E8: (...) eu ia pedir para me provar por experimentação ou me dar argumentos válidos... eu ia acreditar a princípio na academia... academia é a verdade absoluta... eu ia pedir para provar experimentalmente (...)

E8: (...) o problema é que as nossas bases teóricas nos dão base para o que a gente conhece de ciência (...)

E8: (...) se a gente continuar pensando assim nunca haverá uma quebra de paradigma (...)

E11: (...) revolucionários são um problema... normalmente as pessoas não aceitam os revolucionários... pessoas diferentes... difícil... até aqui dentro... as pessoas acham... as pessoas da física são diferentes... as próprias pessoas daqui não aceitam (...)

O professor citou Planck.

E14: (...) tipo dizer... os neutrinos vão além da velocidade da luz (...)

E8: (...) se tivesse lá em novecentos... novecentos e alguma coisa... e o Planck chegasse assim para o senhor... provasse matematicamente que a natureza não se comporta de maneira contínua e sim de maneira discreta e desse... essas bases teóricas que tinha situado na Matemática... muito embora não... na ideia... matematicamente fosse improvável

conseguir que a curva lá... não acontecia no ultravioleta... você o deixaria entrar na sala? (...)

O professor primeiro citou o Paul Feyerabend (Contra o método) e depois o Bohr:

E8: (...) uma coisa que talvez... na minha opinião... tenha atrapalhado o trabalho de Galileu e a ciência... é a busca de que a natureza tem que ser simétrica... tem que ser perfeita... tem que ser dual... eu acho que isso... na minha opinião... eu acredito que a natureza seja caótica... de acordo com Marcelo Gleiser e outras caras que acham isso também... acho que isso impede muito mais o desenvolvimento da... da nossa ciência do que o Galileu em (...)

E18: (...) se a gente procurar simetria... a gente consegue entender... consegue matematizar por mais que a gente não queira... se a gente tentar enxergar simetria... às vezes a gente consegue fazer (...)

E8: (...) mas impede por exemplo... a gente quer aceitar que as equações de Maxwell... por que colocaram alguns argumentos nas equações de Maxwell? ... por que? ... Por causa da simetria (...)

E8, nas aulas 05 e 07, não revelou questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem suas concepções sobre a NdC.

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E8 estava no grupo 1.

No que diz respeito à NdC, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa (aula 08), depois que o professor perguntou se a ciência experimental nasce do nada, E8 disse: *(...) um outro texto em que... esteja em voga o que a comunidade científica aceita como correto naquele momento (...)*.

Em resposta a seguinte colocação do professor: Galileu parte do experimento e a partir daí, do nada, chega a alguma coisa, ou usa o experimento para corroborar?

E8: (...) eu acho que em momentos ele observou a natureza acontecendo e tentou formular... e em momentos ele pensou em alguma coisa e tentou experimentar (...)

E8: (...) ele tentou corroborar porque percebeu que acontecia na natureza (...)

E8: (...) a pergunta do senhor era se ele partia da experiência ou se ele partia do pensamento(...)

O professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi exposto, E8 disse: *(...) dá para dizer que ele foi o pai do método científico também (...)*

E8 participou da aula 09, tecendo comentários sobre o capítulo 7 (As leis de Kepler do movimento planetário) do livro de textos 1:

E8: (...) ele foi trabalhar com o Tycho Brahe... tinha observação e tinha já uma base matemática (...)

E8: (...) e a forma que o Tycho Brahe... era um astrônomo muito preciso... prezava pela precisão... já circulava pela... pela província... sei lá... depois assumiu o posto de matemático da corte... depois que o Tycho Brahe morreu (...)

E8: (...) quando eu começo a ler o texto... dá a impressão de que ele só acreditava que existia essa perfeição... mas depois o senhor fala que... na verdade ele não acreditava na escritura... como ele era protestante... foi protestante... tinha estudado no colégio protestante eu acho que ele tinha de certa maneira... como uma obrigação com a própria religião... de tentar mostrar uma perfeição divina num determinado modelo... mesmo embora ele não acredita nisso... aí como próprio ele falou que... ele com alegria percebia aquela simetria do universo... aí depois mais a frente ele percebeu que caso achasse alguma coisa que não era dessa maneira... cairia por terra toda aquela teoria dele... a impressão que fica no início do texto é de que ele é ingênuo... pelo menos quando começo a ler... mas depois você vai percebendo que ele tem uma teimosia matemática... e alguma coisa que impulsiona ele a querer achar uma relação mais próxima com o que acontece mesmo... ao nosso redor (...)

Na aula 10, após o professor proferir que o fazer científico do Newton era completamente diferente do fazer científico do Descartes, E8 disse: *(...) mas tem influência do outro... eles têm influência (...)*

Na aula 11 (A física e a cosmologia cartesiana - capítulo 3 do livro de textos 2), E8 não achou que seja um absurdo Descartes usar Deus como uma causa para suas ideias (em edificar as bases de seu conhecimento em ser divino). E8 ainda citou o Kepler como outro exemplo disso:

E8: (...) *eles tinham uma formação religiosa muito forte... eu não considero nenhum absurdo (...)*

Na aula 13, após o professor ler o trecho dos Principia que diz respeito a um experimento com pêndulos realizado por Newton e perguntar aos estudantes se o que ele leu estava claro, E8 comentou: (...) *ainda bem que existe transposição didática... risos (...)*

Em seguida, ainda na aula 13, após o professor perguntar o que o Newton queria com a Alquimia, E8 se posicionou da seguinte maneira:

(...) *ele estudou alquimia lá na época... talvez ele não estivesse se preocupando com o conceito que ele estava estudando... ele achou que ele ia encontrar resposta naquilo que ele pensava... naquilo que ele estava estudando... então Alquimia (...)*

E8 questionou a primeira (regra 1) para filosofar de Newton:

(...) *por que se... algumas coisas são pertinentes para integrar fenômenos até que apareça alguma coisa que passa a ser pertinente para integrar fenômeno... então... ela é uma regra limitada (...)*

Na aula 14, após o professor argumentar com E11 sobre a não existência de uma sequência rígida de passos a serem seguidos pelos cientistas no processo de produção do conhecimento científico:

E8: (...) *é que a gente tenha uma ideia, não que eu concorde com isso, é que existe um método preestabelecido, e que esse método preestabelecido que tem o nome de método científico (...)*

E8: (...) *em didática como o Demétrio, ele combateu bastante essa ideia do método científico, e se ele combateu bastante é porque existia uma maneira... uma ideia de que existe um método preestabelecido (...)*

Após rápido debate acerca da Teoria de Newton versus Teoria de Descartes (Gravitação):

E8: (...) *acho que não é instantâneo também, você estabelecer uma teoria e no decorrer do tempo você vai testando ela de alguma maneira ou por outras coisas que são pré-dependentes dela e aí algumas coisas que não são explicadas por uma teoria que é explicada, criadas no decorrer dos anos que se estabelece uma teoria, por exemplo, a de Newton foi aceita muito tempo depois, aceita como teoria da Mecânica, muito tempo depois dele ter formulado todas as três leis da Mecânica (...)*

Nas aulas 16, 17, 18, 19, 20 e 22, E8 não expôs explicitamente sua visão sobre a NdC. Contudo na aula 21, E8 respondeu o questionamento de E12 referente ao conteúdo discutido no seminário 7:

E12: (...) *que o Newton era empirista, então aí o Newton se cabe naquela visão distorcida da ciência de que é... de empírico-indutivista ou não? Ele disse que tudo que não é provado experimentalmente é só uma hipótese, como os corpos em rotação, o balde... seriam só hipóteses. Ele se encaixa no indutivismo ou não?*

E8: (...) *porque o indutivista-empirista vê parte da experiência para poder desenvolver aquele conceito, ele não usa para comprovar o que tinha pensado antes (...)*

Na aula 23, E8, juntamente com E5, apresentou o seminário 09.

No sumário da apresentação, E8 disse:

(...) *logo depois a gente vai fazer uma retomada da teoria ondulatória e o éter, porque vocês vão perceber que a luz vai virar corpo, vai virar onda no decorrer da apresentação até para... sobre uma das imagens deformadas da ciência (...)*

Sobre a Óptica de Huygens:

E8: (...) *eu sei que ele aliou a ideia de experimentação e a ideia de teoria, em alguns momentos ele só teoriza, em alguns momentos ele experimenta e teoriza, isso também é um outro gancho para gente puxar as imagens deformadas da ciência... não existe um método para se fazer física, ou para se fazer ciência, o próprio Newton exemplifica isso, ele escreveu o Óptica de uma maneira e o Principia de outra (...)*

No final do seminário (abertura para questões), E7 citou um modelo precursor da fibra óptica feito por Thomas Edison com água:

E8: (...) têm algumas tribos da África onde eles não têm acesso a energia elétrica, então um grupo de estudantes dos Estados Unidos foi para esses lugares, e para aproveitar a luminosidade do dia lá que é fato para eles, eles abriam um buraco no teto, enchiam garrafas pet e colocava, a luz se dispersa... melhora bastante... completamente... ou seja, tudo que a gente sabe aí de luz teve um monte de gente que já quebrou bastante a cabeça (...)

Na aula 24 (seminário especial 01), após síntese do seminário, a apresentadora perguntou se alguém gostaria de fazer algum comentário:

E8: (...) eu quero fazer um comentário, a gente sempre fala às vezes das imagens distorcidas da ciência querendo mostrar, claro que de maneira isolada, quando a gente fala da contribuição positiva de alguém aperfeiçoando o experimento de alguém. Quando um cientista se apoia no trabalho de outro até para contrapor, mas aí você vê cair na coisa de se falar tudo isso é vitorioso, que aproveitou o trabalho dele e aí não são isolados (...)

Nas aulas 26, 27, 28, 30 e 32, E8 não apresentou explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 29, após E14 fazer uma síntese sobre como a ciência progride segundo Thomas Kuhn, E8 disse:

(...) é uma comunidade de gente que está trabalhando nisso... não é um que está tentando provar um problema, é um amontoado de ideias que vão estabelecendo para explicar as anomalias e aí aparece novas ideias que resolvem essas anomalias e aí está no período de ciência normal, depois começa um paradigma novo (...)

E8, juntamente com E16, apresentou o seminário 15 (aula 31). Ao descrever o subcapítulo 3.1 do livro-texto 5:

E16 (...) um vai prevendo, um vai ajudando o outro na teoria, o Yukawa previu, depois o Lattes vai lá e vai... um vai contribuindo com o outro (...)

E8: (...) eu não lembro como é o novo termo, não são mais imagens deformadas da ciência, professor?

Sobre a participação de Lattes, com Eugener Gardner, ao detectar méson π artificialmente no laboratório de radiação de Berkeley:

E8: (...) mais uma imagem de que a ciência não é individualista (...)

E16: (...) um contribuía com o trabalho do outro (...)

Acerca da questão levantada no final do seminário: “com base na apresentação do seminário e na leitura do livro texto, seria justo, ou não, o Lattes e o Occhialini também participarem do Prêmio Nobel?” (E8 e E16):

E8:(...) eu coloquei na resenha, eu, a gente acredita, o consenso de nós dois, tínhamos que fazer a resenha juntos, é que se o... fosse hoje no século XXI, o Brasil tem, hoje tem uma posição de destaque no meio econômico, e no meio cultural, social. Se fosse hoje eu acredito que o Lattes participaria do Prêmio Nobel, até então eu não sei era porque ele era brasileiro ou se o Cecil Powell era o chefe do laboratório aonde o... isso deve ter acontecido muitas vezes, o chefe do laboratório ganhar o Nobel por conta dos trabalhos dos seus (...)

Depois do professor afirmar que a questão da ciência elitista não cabe mais, citando como exemplo o número de pessoas que trabalham nos aceleradores e detectores de partículas:

E8: (...) é! Eu trabalho num portuário de estudantes de computação, e para gente ter uma ideia, tem um algoritmo bem famoso aí da criptografia que é o RSA, e que a sigla dos três caras, um deles mandou produzir um ‘paper’ nosso do português para o inglês, e para poder diferenciar, então eu não acho que tenha mais essa questão muito elitista mesmo, por ser do 3º mundo, eu nem sei se foi por isso que ele não ganhou, não sei, eu acho, a minha opinião é de que fosse hoje ele ganharia, como participante, Occhialini também entraria na onda (...)

Trajetória de E9

E9 faltou a 4ª e a 10ª aula. Nas aulas 02, 03, 05, 06 e 07, E9 mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E9 estava no grupo 1.

Nas aulas 09, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17, E9, mesmo atento, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 18, E9, juntamente com E6 e E17, apresentou o seminário 03. E9, no início da apresentação comentou:

(...) sobre o atomismo do século XIX, o átomo ora ele é personagem central ora ele... do ponto de vista científico, está sempre acirrando disputas científicas (...)

Na aula 19, 20, 21, 22, 23 e 24, E9 não expôs explicitamente sua visão sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E9, concordaram com tais aspectos.

Nas aulas 26, 27, 29, 30 e 31, E9 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 28, E9 apresentou, juntamente com E16, o seminário 12. E9 e E16, fizeram uma abordagem estritamente conceitual sobre a relatividade einsteiniana (textos da disciplina, slides, quadro negro, ilustrações, animações e outras referências). A narrativa dos episódios históricos contemplou questões epistemológicas indicadas no livro-texto, mas sem o ponto de vista, questionamento, comentário e/ou a opinião dos apresentadores e dos demais estudantes acerca da NdC.

Trajetória de E10

E10 faltou a 17ª e a 20ª aula. Na aula 02, após o professor relatar que um autor de um livro didático de física foi questionado por fazer uma história da ciência de maneira enciclopédica e linear (sucessão de datas e nomes), de E10 emergiu o questionamento a seguir:

(...) na introdução ainda um pouquinho antes do capítulo ali... ele fala que da forma como isso passa dá a impressão que é tudo perfeito que nunca tem um erro na ciência sabe... que chegou ali e outro melhorou mas não se fala das vinte hipóteses feitas então dezenove deram errado... a vigésima também... não encontrou uma solução melhor... a impressão que dá é que sempre... que só ficou aquela... você não tem como um método científico... como um construtor... um método linear... uma receita de bolo (...)

Na aula 03, E10 referia-se à citação de Aristóteles sobre o processo denominado de antiperistasis:

(...) um contraexemplo do exemplo que ele deu (...)

Questionamentos que surgiram na aula 04 após o professor mencionar que são ideias contra ideias e aquela que estiver mais bem estruturada será a predominante:

E8: *(...) e for estruturada pela pessoa mais importante(...)*

E10: *(...) ideia que ficar prevalecendo por algum... muito tempo... também dá uma força para ela... o fato do Aristóteles ter ficado... quando mais tempo vai durando parece que... mais forte ela fica... mais difícil de (...)*

E8: *(...) quanto mais tempo ele vai ficando estabelecido mais tempo ele vai se estabelecendo(...)*

Ainda na aula 04, em meio à discussão se o Aristóteles foi ou não um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência:

E8: (...) eu acho que não seria um atraso por não ter acontecido... a gente teria que esperar esses caras contestarem Aristóteles porque Aristóteles existiu... se evoluiu foi porque começou... então tem que começar(...)

E10: (...) mas não poderia ter começado de outra forma... alguém que faria diferente (...)

E8: (...) será que teria começado se ele não tivesse começado (...)

E17: (...) sim cara... lógico que sim cara... tinham vários pensadores (...)

E8: (...) não... eu acho que não foi um atraso (...)

E11: (...) de certa forma foi... na época de Aristóteles tinham outros pensadores (...)

E10: (...) não com a força que ele tinha (...)

E8: (...) a gente tem que considerar a ideia de que viriam outros tão fortes quanto ele... para se estabelecerem(...)

E10: (...) o fato de não se estabelecer as vezes é bom porque as ideias vão mudando e vão evoluindo um pouco mais rápido se não tivesse alguém com ideias tão fortes quanto às dele... poderia ter evoluído um pouco mais rápido (...)

E6 perguntou ao professor como as ideias eram divulgadas para as pessoas? O professor revelou para E6 que as ideias eram passadas para as pessoas que eram aptas a entender essas ideias, e que existiam os copistas. E3 e E10 deram continuidade à discussão dizendo (E3 referia-se à força de quem é considerado autoridade no assunto) o seguinte:

E3: (...) pois é... hoje em dia a gente ainda vive isso de... é diferente da época mais mesmo assim continua com a mesma ideia (...)

E10: (...) as pessoas continuam acreditando naqueles que tem mais... sabe... mais influência (...)

Adiante E10 ainda comentou que:

E8: (...) Aristóteles era discípulo de Platão cara... porque Platão já era um cara bem estabelecido... por causa do diálogo... isso Platão era discípulo de Sócrates e Aristóteles de Platão... então... então ele já tinha esta importância por ter sido o discípulo de Platão e Platão de Sócrates... existe uma relação de poder por causa disso (...)

E10: (...), mas a questão é se ajudou ou piorou para o desenvolvimento da ciência... eu acho que piorou... eu acho que as pessoas... podem mais facilmente separar... e propor suas ideias se não tiver o Einstein... assim... como é que eu vou... está lá o Einstein dando aula... como é que eu vou poder dizer que ele está errado... eu não vou ter coragem de dizer que está... A pessoa não tem aquela facilidade de propor suas ideias se tem aquele... se tem alguém que tem uma ideia que todo mundo concorda com ela (...)

E4: (...) se cada um tivesse uma ideia diferente e nenhuma se estabelecesse... ia ficar um negócio meio vago e ninguém ia ter noção de nada (...)

Nas aulas 05, 06 e 07, E10 não declarou explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E10 estava no grupo 1.

Ainda sobre o posicionamento de E10 na aula 08 no que diz respeito à NdC, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa e após o professor perguntar se a ciência experimental nasce do nada:

E3: (...) mas é importante levar este texto..., mas não sem apresentar a teoria... apresentar o que o Galileu estava fazendo porque se não vai parecer que foi do dia para o outro (...)

E2: (...) eu acho que... uma coisa... ela não surge do nada (...)

E10: (...) ele já tinha uma ideia (...)

Adiante, após E2 se referir ao experimento do plano inclinado, E10 disse que tem que pensar a natureza da forma mais simples:

E2: (...) se ele fez o experimento tinha alguma coisa em mente (...)

E10:(...) tem que pensar a natureza sempre da forma mais simples (...)

Ainda na aula 08, o professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi exposto:

E10: (...) simplicidade... a explicação mais simples da natureza (...)

E10: (...) *apesar dele usar muitas ideias dos outros... ele não era muito influenciado pelas ideias que estavam estruturadas... ele tinha a capacidade de olhar criticamente para uma coisa que estava estabelecida... e pensar de outra forma (...)*

Nas aulas 09 e 11, E10 não manifestou, diretamente, suas concepções sobre a NdC.

Na aula 10, o professor deu início ao trabalho de sala de aula com a vídeo-aula intitulada “Imagens deformadas do trabalho científico”. Após o professor comentar: “*Newton escreveu nos Principia que Deus interfere no mundo a seu bel-prazer*”, E10 questionou:

E10: (...) *mas como ele pode defender uma teoria... que pode sofrer interferência a qualquer momento (...)*

Na aula 12, após o professor proferir que a experimentação, na época em discussão, já fazia parte da construção do conhecimento, E10 disse:

(...) *as coisas parecem que começaram a avançar muito mais rápido (...)*

Ainda na aula 12, depois que o professor disse em tom de brincadeira: *a gente sabe que são só os gênios que produzem, ou não? Não é verdade?* Sorrindo, E10 tinha balançado a cabeça positivamente:

E10: (...) *eu estou brincando professor (...)*

Na aula 13, E10 fez uma pergunta que se refere à proposição 11 dos Principia: a trajetória de um corpo submetido a uma força que varia com o inverso do quadrado da distância ao corpo pode ser uma elipse, hipérbole ou parábola:

(...) *você sabe quanto tempo ele levou a essa pergunta e o que o fez chegar até esta conclusão... lá tem escrito que é muito mais fácil supor alguma coisa do que (...)*

Ainda na aula 13, após o professor provocar a turma com a frase: “Tudo era treva, Deus disse faça-se Newton”. Concordam ou não?”

E10: (...) *é como se ele tivesse partido do nada (...)*

Na aula 14, após o professor indagar: “quem foi o gênio que induziu esta ideia de um método científico na cabeça das pessoas.”

E10: (...) *os grandes pensavam dessa forma, ou se partia da experiência ou valorizava, cada um caminha de um jeito (...)*

Nas aulas 15, 18, 19, 22, 23, 24 e 26, E10, mesmo atenta, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 16, em decorrência da discussão se a Alquimia é, ou não, precursora da Química, E10 comentou: (...) *até chegarem a esta conclusão tiveram que estudar... o quanto desenvolveu a Química (...)*

Na aula 21, após o professor explicar que “não simule hipótese” significa que Newton não faz conjecturas se o mesmo não tiver evidência experimental clara para dar suporte, E10 completou: (...), *mas ele supõe primeiro... não parte da experiência, mas (...)*

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E10, concordaram com tais aspectos.

Na aula 27, E10, juntamente com E15, apresentou o seminário 11. No início da apresentação E10 mencionou que:

(...) *bom, uma pergunta que vai, que vai nortear, pelo menos no início assim, nosso trabalho é: Qual a importância dos experimentos para o desenvolvimento da ciência? E a forma como cada desses cientistas, esses estudiosos, que a gente vai falar, via o experimento, como cada um deles via o experimento (...)*

Sobre as transformações de Lorentz:

E10: (...) *apesar de terem chutes, foram chutes com objetivo (...)*

Nas aulas 28, 29, 31 e 32, E10 não explanou, diretamente, suas concepções sobre a NdC.

Na aula 30, E10 apresentou, juntamente com E3 e E11, o seminário 14. Contudo, somente E10 afluou concepções sobre a NdC depois da exposição do vídeo sobre a detecção do pósitron:

(...) então a descoberta do pósitron foi acidental, isso... bom isso ilustra o fato, a gente acha que isso ilustra o fato de não existir um método científico, porque o Dirac propôs uma partícula que ninguém... que contrariava tudo que se acreditava, pode-se dizer que, uma partícula com... com uma carga ao contrário, com as mesmas características só que com carga ao contrário, e essa, e isso foi detectado por alguém que não estava inicialmente procurando por isso e, foi acidental, acho que isso é um bom exemplo de não, de não ser, o passo a passo que (...)

Trajetória de E11

E11 faltou a 10ª, 13ª, 25ª e a 31ª aula. Na aula 02, entre os posicionamentos, opiniões e comentários decorrentes da leitura e discussão do capítulo 1, E11 disse:

(...) acho que ele não conseguiu limpar toda a mente dele para conseguir desenvolver alguma coisa do nada... ele vai pegar parte da cultura dele para desenvolver (...)

Na aula 03, E11 não revelou explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 04, em meio à discussão se o Aristóteles foi ou não um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência:

E17: *(...) sim cara... lógico que sim cara... tinham vários pensadores (...)*

E8: *(...) não... eu acho que não foi um atraso (...)*

E11: *(...) de certa forma foi... na época de Aristóteles tinham outros pensadores (...)*

E10: *(...) não com a força que ele tinha (...)*

Ainda na aula 04, alguns posicionamentos vieram à tona após o professor levantar a seguinte questão: se alguém chegasse assim, vou fazer um experimento aonde vou te mostrar o moto perpétuo, o que você diria? O professor também chamou a atenção dos estudantes sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento, uma vez que, segundo ele, pelo experimento puro e simples pode ser bolado algo para nos enganar, isto é, não é apenas o experimento que irá dar tudo:

E11: *(...) revolucionários são um problema... normalmente as pessoas não aceitam os revolucionários... pessoas diferentes... difícil... até aqui dentro... as pessoas acham... as pessoas da física são diferentes... as próprias pessoas daqui não aceitam... (o professor citou Planck).*

E14: *(...) tipo dizer... os neutrinos vão além da velocidade da luz (...)*

Posicionamento levantado por E11 na aula 05, tendo em vista o fato do Copérnico confrontar seu sistema com os dados que ele tinha, mas sem questionar a confiabilidade desses dados:

(...) e é uma coisa importante questionar os dados (...)

Na aula 06, o professor perguntou "levamos ou não levamos o Tycho Brahe para o Ensino Médio?" Por que sim? Por que não? E11 respondeu que:

(...) pode ser uma complicação contar a história verdadeira... os alunos no contexto histórico... vão achar que ele era um louco... que o trabalho... não... não... assim do nada (...)

Na aula 07, E11 deu uma explicação sobre o porquê da não-confiabilidade do telescópio de Galileu para os aristotélicos:

(...) é que não tinha uma teoria sobre o telescópio(...)

Ainda na aula 07, E11 se referia ao astrônomo Scheiner por defender uma visão de mundo aristotélica:

(...) ele estava certo... certo entre aspas... se alguém tivesse uma teoria bem estruturada de alguma coisa assim... aqui... a gente ia tentar defender ela a todo custo e ele fez isso... ele deu um argumento que parecia que está tudo certo... então (...)

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E11 estava no grupo 2.

Ainda sobre o posicionamento de E11 na aula 08 no que diz respeito à NdC, após o professor perguntar se a ciência experimental nasce do nada:

E11: *(...) uma coisa é visualizar... outra coisa é fazer o experimento(...)*

Ainda na aula 08, o professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi exposto:

E11: (...) *você tem que contextualizar o texto (...)*

E11: (...) *deixar claro que nada surgiu do nada... ele demorou a vida inteira (...)*

Na aula 09, entre os comentários com base na leitura do capítulo 7 (os estudantes estavam se referindo ao Kepler):

E11: (...) *os dados de Tycho Brahe eram suficientemente bons para ele chegar a esta conclusão? (...)*

E11: (...) *então professor... ele generalizou... a partir de outros planetas... sem ter certeza dos dados... que os dados não eram tão precisos assim que ele... ver aquelas órbitas que... ele possuía alguns dados, mas ele não consegue prever as outras órbitas... ou conseguiu? (...)*

E11: (...) *professor... eu acho que ele foi usado... muito mais que o Galileu... o Kepler..., mas lendo o texto parece que as pessoas na época tentaram não citar muito ele... porque se ele tivesse errado... eles iam ser meio que feitas de bobas... assim... bobos na frente dos outros... ele só teve o trabalho reconhecido muito tempo depois... muitos anos depois... quando Newton veio... e aí a Gravitação etc (...)*

E11: (...) *Galileu foi acusado... teve que ficar preso depois de um tempo... em cárcere privado etc... mas... e Kepler... não teve problemas? (...)*

Na aula 11, quando o professor proferiu que o contexto da justificativa é mais importante que o contexto da descoberta, E11 comentou:

(...) *professor..., mas... professor... eu fico curiosa... professor... tu também não fica curioso de onde a pessoa teve aquela ideia... eu acho muito incrível tentar... a pessoa falar de onde surgiu a ideia dela (...)*

Comentário feito por E11 na aula 11 depois que o professor e E18 começaram a discutir sobre a definição de espaço, e o professor ter dito que as palavras e os conceitos têm que ser claros (uma alusão a Descartes):

(...) *é que eu acho que isso entra mais na área dos filósofos... é que... eu estava... eu escutei isso em algum lugar... cada... cada... cada... partezinha do pessoal da ciência... o físico... o matemático... ele foca em alguma coisa... tipo... a gente é... os engenheiros usam o que os físicos desenvolveram... eles não se importam de entender o que os físicos desenvolveram... a maioria deles... os físicos usam em geral... o que os matemáticos fizeram ... eles têm que ser bons matemáticos... mas não são matemáticos... eles não se importam com teorias matemáticas... como é que o matemático demonstrou... o matemático se importa em demonstrar... ele quer demonstrar e o filósofo... ele não quer saber... o matemático não vai querer saber o que significa uma demonstração... ele nunca vai pensar... o que é demonstração... agora o filósofo... vai se preocupar... o que é uma demonstração... o que é espaço... o que é... sabe... então eu acho que não está na nossa... a gente pensa nisso..., mas não está na nossa área de pensamento... não está no nosso desenvolvimento... o importante para gente é outra coisa (...)*

Ainda na aula 11, E11 indagou sobre a presença dos elementos da física aristotélica na física cartesiana:

(...) *professor... esta parte... tipo... ele quis abandonar as ideias de Aristóteles..., mas ele volta a citar os elementos (...)*

Na aula 12, após o professor proferir que a experimentação, na época em discussão, já fazia parte da construção do conhecimento, E11 disse:

(...) *conhecimento está lento... parece que foi construído de forma lenta... ele ficou rápido... deu um bum e minha impressão... é que agora ele está lento de novo... não acontece nada de extraordinário... nada comparado com a revolução que aconteceu nessa época (...)*

Ainda na aula 12, depois do professor comentar que Newton não fazia os seus experimentos do nada, que ele tinha ideias preconcebidas, E11 disse: (...) *professor, mas... só a experiência sem base teórica não leva a nada... só a teoria sem comprovação (...)*

Na primeira arte da aula 14, E11 apresentou uma concepção metodologicamente rígida do fazer científico, mas na segunda parte da aula 14 mostrou outra visão sobre isso (ver aula 14, página 181).

Na aula 15, E11 comentou que os pais da Mecânica Quântica levaram tanto tempo para voltar a esse assunto:

Professor: (...) o Heisenberg se interessou? Sim. O Schrödinger se interessou? Também. Por isso que eles levaram tanto tempo para estruturar a Mecânica Quântica. Porque se eles não tivessem os gregos, eles teriam feito esse livro mais rápido (...)

E11: (...) é bom... olhar o que não existe para poder tentar uma coisa diferente que não funciona (...)

Na aula 16, após o professor mencionar que os conceitos de flogístico e de calórico foram abandonados, mas foram importantes para produzir e desenvolver conhecimento:

E11: (...) ela foi tão duradoura ou foi tão forte quanto às ideias de Aristóteles que perduraram... risos! Porque é interessante que você tem uma ideia, uma hipótese provisória que você descarta ele e depois continue evoluindo, agora quando esta hipótese te barra, prende, é complicado (...)

Na aula 17, no tocante à diferença entre o espectro de distintas substâncias:

E11: (...) já tinha bem aceito o átomo? (...)

Professor: (...) depende... aceito por uns, mas duvidado por outros (...)

Nas aulas 18, 19 e 20, E11 não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 21 - sobre a parte na qual o professor mencionou que Newton escreveu (Principia e Óptica) que o espírito da natureza está permeando por tudo aquilo que vai dar sentido a tudo que existe, que vai governar o mundo, vai fazer os ajustes necessários e que ele já foi disciplinado para isso - E11 disse: (...) *as pessoas ensinam na escola, diz que ele é, que é verdade, que é bonitinho (...)*

Na aula 22, E11, juntamente com E3, apresentou o seminário 08. Após o professor perguntar se os gregos faziam experiências:

E11: (...) eram bem idealizados os experimentos, mas alguém poderia ter feito algum (...)

Após o professor mencionar que Galileu não conseguiu corroborar sua hipótese de finitude da velocidade da luz com o experimento:

E11: (...) nem por isso está errado... ele não tinha como fazer naquela hora (...)

Nas aulas 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, E11 não explanou, diretamente, suas concepções sobre a NdC.

Na aula 30, E11 apresentou, juntamente com E3 e E10, o seminário 14. Contudo, somente E10 afluou concepções sobre a NdC após a exposição do vídeo sobre a detecção do pósitron.

Na aula 32, dentre os comentários decorrentes da notícia sobre a detecção do Bóson de Higgs:

E11: (...) teve muito avanço para um século, muita coisa... ao longo da disciplina a gente pode experimentar (...)

Depois que o professor pediu sugestões à turma para os próximos seminários:

E11: (...) talvez trazer alguns textos de outras pessoas também para gente ter uma outra visão, ah os textos do professor são bem escritos e eles contemplam uma coisa gigantesca, nesse início, do primeiro livro até o quinto, só que eu acho interessante também a gente vê outra coisa, por exemplo, aquele sobre Thycho Brahe foi muito legal e eu acho que faltou isso mais na metade, no final da disciplina, em que todo mundo estava atarefado com prova etc, mas é uma disciplina que também a gente está fazendo então tem que... então seria interessante algum texto assim diferente no meio (...)

Trajetória de E12

E12 faltou a 08^a, 10^a, 13^a, 17^a, 23^a e a 26^a aula. Nas aulas 02, 03, 04, 05, 06, 07, 09, 11, 12, e 14. E12 não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que

explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 15, E12, juntamente com E13, apresentou o seminário 01. Logo após E11 comentar que os pais da Mecânica Quântica levaram tanto tempo para voltar a esse assunto, E12 disse: (...) *aquela das visões deformadas... que as pessoas às vezes acreditam que você não precisa saber da ciência, da onde é que vem aquilo que o quê antes não vai, interfere em nada (...)*

Posicionamentos de E12 referentes ao capítulo 1 dos livros de textos 3 (aula 15):
 (...) *os atomistas acreditam no vazio e o Aristóteles não... sempre o Aristóteles... rs (...).*
 (...) *em 1620 o Francis Bacon aí vem como um novo organumos, ele vem com um novo método de ciência... que vem falando... que vem... daquilo que a gente sabe que é uma imagem deformada da ciência ... que é um método... bem ele disse que o verdadeiro conhecimento deve ser buscado na natureza(...)*
 (...) *ele é um empirista... o quê que a gente tem aí... uma visão empírico – indutivista e ateórica... ele era a favor do método que é uma visão algorítmica... algorítmica... tudo meio... tudo errado! Tudo visões distorcidas da ciência, mas ele tem uma coisa muito boa... que ele é... ele não tem a visão individualista da ciência... ele é o primeiro a sugerir a ser formada uma comunidade científica (...)*

Depois que o professor discorreu que do nosso ponto de vista o empirismo é falho, mas para a época foi muito importante e não uma visão errada (aula 15).

E12: (...) *na época foi... hoje em dia (...)*

Nas aulas 16, 18, 19 e 20, E12 não expôs claramente sua visão sobre a NdC.

Na aula 21, E12, apresentou, juntamente com E13 e E19, o seminário 07. Após narrar o trecho do livro-texto no qual Newton diz que tudo que não pode ser deduzido dos fenômenos deve ser chamado de hipótese, E12 disse:

(...) *que o Newton era empirista, então aí o Newton se cabe naquela visão distorcida da ciência de que é... de empírico-indutivista ou não? Ele disse que tudo que não é provado experimentalmente é só uma hipótese, como os corpos em rotação, o balde... seriam só hipóteses. Ele se encaixa no indutivismo ou não? (...)*

Nas aulas 22 e 24, E12 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E12, concordaram com tais aspectos.

Nas aulas 27, 28, 29, 31 e 32, E11 não pôs à vista suas concepções sobre a NdC.

Trajetória de E13

E13 faltou a 06^a, 13^a, 16^a, 18^a, 22^a, 24^a e a 28^a aula. Nas aulas 02, 03, 04, 05 e 07, E13 não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E13 estava no grupo 2.

Ainda na aula 08, dentre os comentários e posicionamentos em resposta a seguinte colocação do professor: Galileu parte do experimento e a partir daí, do nada, chega a alguma coisa, ou usa o experimento para corroborar?

E8:(...) *a pergunta do senhor era se ele partia da experiência ou se ele partia do pensamento(...)*

E13: (...) *ninguém parte do experimento do nada... assim (...)*

E11: (...) *uma coisa é visualizar... outra coisa é fazer o experimento(...)*

E13: (...) *foi um experimento... que não foi intencional (...)* (posicionamento de E13 para E3 ao se referir à descoberta de Oersted).

E3: (...) *utilizou o experimento para corroborar... pronto... todo mundo concorda (...)* alguma coisa, ou usa o experimento para corroborar?

Nas aulas 09, 10, 11, 12, e 14, E13 não externalizou, diretamente, sua visão sobre a NdC. Na aula 15, E13, juntamente com E12, apresentou o seminário 01. Contudo, E13 não explanou posicionamentos referentes à NdC.

Nas aulas 17, 19, 20 e 23, E13 não expôs claramente sua visão sobre a NdC.

Na aula 21, E13, apresentou, juntamente com E12 e E19, o seminário 07. Novamente, E13 não manifestou concepções sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E13, concordaram com tais aspectos.

Nas aulas 27, 29, 30, 31 e 32, E13 não pôs à vista suas concepções sobre a NdC.

Trajetória de E14

E14 faltou a 10ª aula. Na aula 02 mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 03, quando o professor se referiu ao momento que Galileu apontou um telescópio para o céu, E14 indagou:

(...) mas todos os pensamentos aristotélicos não terminaram com o Galileu? (...)

Mais adiante, na aula 03, o professor perguntou: qual dos dois Aristóteles (figuras 2.2 e 2.3 do livro Força e Movimento: De Thales a Galileu, capítulo 2) vocês simpatizam mais? O que está mais para mendigo ou que está mais para fidalgo? E14 respondeu: *(...) o mais nobre... que tem conhecimento (...)*.

Na aula 04, o professor chamou a atenção dos estudantes sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento, que não é apenas o experimento que irá dar tudo. E14 completou:

(...) tipo dizer... os neutrinos vão além da velocidade da luz (...)

Nas aulas 05 e 07, E14, mesmo atento, não pôs à vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Em resposta a provocação feita pelo professor acerca do que os estudantes diriam sobre Tycho Brahe para os seus colegas do curso de Física I, de algo que fizesse sentido para eles (aula 06), E14 respondeu:

(...) para época o cara revolucionou (...)

(...) ele não partiu do nada (...)

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E14 estava no grupo 1.

Ainda na aula 08, dentre os comentários e posicionamentos após o professor realizar a leitura do texto acerca da lendária experiência da torre de Pisa, E14 indagou:

(...) o senhor imagina... o senhor se imagina... se o senhor fosse professor da universidade e que nessa universidade... todo conhecimento científico que até então... o senhor estava consciente do que estava acontecendo... existem conhecimentos bem definidos... que até então são incontestáveis... o senhor... aceitaria um convite de um louco que tentaria mudar todo este conhecimento que o senhor... já está bem... bem estabelecido com o senhor... o senhor aceitaria o convite de um louco para ir lá no alto da torre... e ver fazer um experimento... tentar... será que não... será que o senhor aceitaria... mas o senhor concorda com tudo isso que está escrito neste livro... é isso (...)

Nas aulas 09 e 11, E14 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 12, em resposta a E18 que disse que Newton não tinha computador na época e deu um salto no conhecimento científico que hoje em dia está estagnado, E14 disse: *(...) só que para chegar até este ponto muitas outras coisas foram construídas... não foi? (...)*

Na aula 13, em meio a discussão sobre o *slide* com uma historinha em quadrinhos da Magali que tratava da descoberta da lei da gravitação universal de maneira bem simples:

E14: (...) *que num 'start' descobriu que (...)*

Nas aulas 14, 15 e 16, E14 não manifestou explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 17, E14, juntamente com E1, apresentou o seminário 04. Ao narrarem (E14 e E1) que Maxwell abandonou o estudo das causas dos fenômenos elétricos e magnéticos e optou pelo formalismo lagrangeano:

E14: (...) *então aqui a gente já pode até fazer uma ligação lá com o texto das visões deformadas da ciência... que a ciência não é uma... não tem uma receita certinha para construí-la... chegou até um certo ponto viu que não estava mais satisfazendo nada... então vamos tentar buscar outro... outra forma de chegar, de tentar chegar ao objetivo que se espera (...)*

Durante a narração do subcapítulo 'Espectros: De Newton a Balmer' (aula 17):

E14: (...) *ah! Só fazendo agora uma ligação lá com as imagens deformadas que não era um cientista único lá no seu porão cheio de experimentos, isolado lá na sua torre de marfim... que consegue o suficiente, havia a colaboração entre dois..., mas não era individualista, não era uma coisa individual (...)*

Sobre o fato das relações para linhas do espectro visível do hidrogênio possibilitaram mais hipóteses, aprimoramento dos aspectos experimentais e chegar a outras séries (aula 17):

E14: (...) *ah a gente pode pensar também que eles... não previram tudo isso de graça, não foi ao acaso, que eles fizeram isso, foi uma baita bagagem que ficou ali... não foi do nada que eles propuseram essas hipóteses (...)*

Sobre os experimentos de Crookes com raios catódicos (aula 17):

E14: (...) *não se vê consenso na natureza dessas emanações, então para Crookes elas eram partículas, para Hertz e outras cientistas era um fenômeno ondulatório do elétron... não é um negócio linear, a ciência não é construída linearmente, tem várias crises aí nela que delimitam para onde ela vai ser construída (...)*

Nas aulas 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31 e 32, E14 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E14, concordaram com tais aspectos.

Na aula 29, E14 apresentou o seminário 13 com E1 e E5. Durante a apresentação, E14 mencionou que o paradigma novo vai resolver os mesmos problemas do dominante, apresentar soluções para as anomalias e ainda propor novas coisas para serem testadas pelos cientistas:

E14: (...) *para que adiantaria uma nova coisa se não vai além (...)*

E14: (...) *diga para que tu queres uma teoria, se tudo repete a mesma coisa que tu viste antes? Se não propõe coisas novas (...)*

Trajetória de E15

E15 faltou a 22ª aula. Nas aulas 02, 03, 04, 05, 06, 07, 09, 10, 11, 12, 13 14 e 15, E15 mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E15 estava no grupo 2.

Na aula 16, E15, juntamente com E7, apresentou o seminário 02. E15, com base na narrativa histórica do livro-texto, foi ao encontro da visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Depois que o professor alertou que até aquele momento E15 e E7 não falaram em nenhuma imagem "distorcida" da ciência:

E15: (...) *é que por enquanto está meio histórico... está uma sequência de acontecimentos que depois a gente queria amarrar um pouco mais no final... mas tendo um pouco a ver também... dessas experiências do Lavoisier, ele decerto deve ter feito algumas vezes com alguns metais e fica meio que encargo de outras, dos que vêm por aí tentar outras situações que se aplica e... de repente dar continuidade de descobrir coisas novas... o Lavoisier não vai fazer tudo sozinho tem que ter, tem outras pessoas que vão dar contribuições e... para terminar o trabalho dele, são ideias que... um pouco generalizada... acho que uma pessoa não inventa uma teoria inteira do nada, completinha, e está ali e... não tem mais nada para ninguém só estudar o que a pessoa fez... ele fez um pedaço... está ainda por fazer (...)*

Sobre os experimentos de Lavoisier e os experimentos de Cavendish:

E15: (...) *e como a teoria também afeta nas conclusões que eles fazem a partir dos experimentos... não há... não tem como partir do experimento e concluir uma coisa só (...)*

Após o professor comentar que os conceitos de flogístico e calórico, apesar de se afastarem da Física, foram importantes:

E15: (...) *mesmo que a gente considere errado hoje... bom teve no mínimo um papel para direcionar os experimentos de alguma forma e dali, por exemplo, essa do flogístico acabou direcionando os experimentos para as pessoas trabalharem com os gases, tentarem entender o quê que aconteceu e... foram feitos uns avanços surgem diferentes, mais descobertas diferentes... para outras coisas... talvez se não tivessem proposto o flogístico antes... essa outra coisa, os experimentos se diluiriam de outra forma, as ideias também (...)*

Nas aulas 17, 18, 19, 20, 21, 23 e 24, E15 não expôs explicitamente sua visão sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E15, concordaram com tais aspectos.

Nas aulas 26, 28, 29, 30, 31 e 32, E15 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 27, E15, juntamente com E10, apresentou o seminário 11. E15, ao falar como Einstein vê o experimento:

(...) *outro assunto que a gente vê, discute bastante na disciplina, que não tem um método (...)*

Sobre os pressupostos de teoria do Elétron de Lorentz:

E15: (...) *é a maneira das pessoas trabalharem naquela época, estão tentando fazer uma teoria, essa tem várias hipóteses produzidas ao longo do desenvolvimento... essa talvez não seja uma maneira, mas partindo de princípios básicos, mas é uma maneira que se tem de trabalhar e tentar fazer uma teoria que possa acrescentar em alguma coisa (...)*

Trajetória de E16

E16 faltou a 10ª aula. Nas aulas 02, 03, 04, 05, 06, 07, 09 e 11, E16 mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E16 estava no grupo 1.

Na aula 12, o professor iniciou a discussão do capítulo 4 pedindo a E16 que falasse um pouco do capítulo 4. Nessa fala E16 parecia se referir ao matemático inglês John Wallis (1616-1703):

E16: (...) *como é que ele chegou nessa fórmula aqui... da queda... do choque perfeitamente elástico? É empírica? ... como é que ele chegou nessa fórmula? (...)*

E16: (...) *ele joga a fórmula... ele chegou (...)*

Nas aulas 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24, E9, mesmo atento, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E16, concordaram com tais aspectos.

Nas aulas 26, 27, 29, 30 e 32, E16 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 28, E16, juntamente com E9, apresentou o seminário 12. Contudo, E9 e E16, fizeram uma abordagem estritamente conceitual sobre a relatividade einsteiniana (textos da disciplina, *slides*, quadro negro, ilustrações, animações e outras referências). No que se refere às imagens consideradas deformadas sobre a NdC (observação neutra; relação teoria-experimento), E16 comentou:

(...) depende do ponto de vista do observador, a observação não é neutra, quando chegar no laboratório tem que saber o que quer (...)

E16, juntamente com E8, apresentou o seminário 15 (aula 31). Ao descrever o subcapítulo 3.1 do livro-texto 5:

E16 (...) um vai prevendo, um vai ajudando o outro na teoria, o Yukawa previu, depois o Lattes vai lá e vai... um vai contribuindo com o outro (...)

E8: (...) eu não lembro como é o novo termo, não são mais imagens deformadas da ciência, professor? (...)

Sobre a participação de Lattes com Eugener Gardner em detectar méson π artificialmente no laboratório de radiação de Berkeley:

E8: (...) mais uma imagem de que a ciência não é individualista (...)

E16: (...) um contribuía com o trabalho do outro (...)

Trajetória de E17

E17 faltou a 07^a, 14^a, 17^a, 22^a, 23^a, 25^a e 28^a aula. Na aula 02, entre os posicionamentos, opiniões e comentários decorrentes da leitura e discussão do capítulo 1, E17 discorreu:

(...) A qualidade de perfeito é arbitrária (...)

Na aula 03, E17 referiu-se à citação de Aristóteles sobre o processo denominado de antiperistasis: *(...) um contraexemplo que colocasse em xeque (...)*

Na aula 04, o professor resumiu o questionamento de E8 com a seguinte questão para a turma: o Aristóteles foi ou não um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência? E17 num primeiro momento disse:

E8: (...) será que teria começado se ele não tivesse começado (...)

E17: (...) sim cara... lógico que sim cara... tinham vários pensadores (...)

E17 num segundo momento:

E3: (...) não se pode estabelecer por certo tempo... um ano... dois anos... é um século (...)

E17: (...) eu acho que é um problema do próprio método filosófico... você não tem como demonstrar se uma ideia é de fato coerente ou não... vai ser uma ideia... se você pegar duas teses diferentes e se elas satisfaçam logicamente seus princípios... como vai escolher uma ou outra é uma questão de estética... é uma questão de gosto... na Filosofia o que vai importar vai ser a estética não tanto sei lá... a funcionalidade da ideia... de repente o Aristóteles... estava associado a uma ideia esteticamente mais bela do que as outras ideias... só mais por isso... de repente mais do que pela funcionalidade da ideia... em Filosofia o que vai importar mesmo vai ser essa estética da ideia... o que as pessoas vão seguir... a beleza... mais do que a funcionalidade... mas a coerência lógica já é a premissa básica... é lógico... é factível... tem que ser... senão você descarta (...)

E8: (...) a gente pega o mais simples... se as duas explicam o fenômeno (...)

E17: (...) ou a mais bela (...)

Na aula 05, E17, mesmo atento às discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematicada pelo professor.

Na aula 06, E17, em resposta a provocação feita pelo professor acerca do que os estudantes diriam sobre Tycho Brahe para os seus colegas do curso de Física I (algo que fizesse sentido para eles): (...) *legal também que ele fazia... as duplas assim (...)*

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E17 estava no grupo 2.

No que diz respeito à NdC, entre os comentários sobre a lendária experiência da torre de Pisa (aula 08), depois que o professor perguntou se a ciência experimental nasce do nada, E17 disse:

(...) tem uma base teórica (...)

(...) não se sabe se não é verdade com certeza também (...)

(...) o cara fez um pensamento lógico ali... lógico... ele fez uma estrutura lógica... e chegou a uma conclusão..., mas por outro lado é um aluno do Galileu... por que então ele também... ficaria inventando... cara (...)

Aqui o professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi exposto. E17 comentou o seguinte:

(...) A contextualização filosófica que é importante... citar Aristóteles e o conceito todo... dele... foi de grande importância para a evolução mesmo do trabalho dele (...)

(...) falar de todos os experimentos de maneira geral assim... como ele trabalhou... o que ele usou... que foi um método assim interessante de medida... falar também do erro de medida que estava associado também ao método dele... depois as implicações, ideias devido a experimentação (...)

(...) que ele se transforma com o tempo... que ele adquire (...)

(...) o que ajudou ele desenvolver foi a observação objetiva da realidade... então no fundo... essa parte pragmática da realidade... essa objetividade da realidade... que vai dar a última palavra na decisão de um corpo teórico (...)

Posicionamento de E17 que veio à tona após E18 defender a possibilidade do uso da HC no Ensino Médio (aula 09):

(...) eu acho que a Matemática é fundamental... eu acho que lógica é mais fundamental que qualquer ensino de História... eu acho... que vai despertar um pensamento crítico assim no aluno... é o pensamento lógico... do 2º grau... do ensino básico... eu acho que... eu prezaria muito mais a Lógica... mais ainda do que a Matemática do que o ensino de História... porque... não adianta o cara ler História sem ter um pensamento crítico... sem saber o que pensar sobre aquilo ali... quais são as perguntas possíveis... eu acho que a lógica seria fundamental para despertar um pensamento crítico... um pensamento racional... um pensamento que leve a várias perguntas diferentes... então eu prezaria como professor muito mais o ensino matemático... da lógica aristotélica... lógica mesmo... básica... para... com o intuito de desenvolver o pensamento assim... eu acho que seria mais efetivo do que um ensino de História sem crítica... porque vai ficar... o cara vai ter que decorar a História (...)

Comentário de E17 na aula 10, logo após E1 tecer a sua impressão sobre o método de Descartes de fazer ciência, descrito no livro-texto:

(...) não surge dele... tem uma história de pensadores por trás do pensamento dele... eu acho que ele estava alugando essa história aí... ele estava se promovendo demais... de uma maneira... ele vai construir... o senso comum diz ah... o Einstein construiu a relatividade a partir do nada... é a mesma coisa... ele dá a impressão assim... eu tive essa impressão... de que ele construiu tudo (...)

Questionamento de E17 na aula 11 acerca do posicionamento de E8 por não achar que seja um absurdo Descartes usar Deus como uma causa para suas ideias (em edificar as bases de seu conhecimento em ser divino). E8 ainda citou o Kepler como outro exemplo disso:

(...) de repente... tipo... para mim o absurdo maior... não ser tão difícil... ser mais... tipo... o Deus como verdade e mais como uma hipótese... de repente... o Deus seria uma hipótese... e não uma verdade que ele assumiu cara... essa é a questão para mim... tipo... exatamente para Filosofia... para história da Filosofia... tipo... ninguém... conta uma verdade... Deus não é verdade... para explicar... Deus devia ser uma hipótese e não uma verdade (...)

Nas aulas 12, 13, 15 e 16, E17 não pôs à vista suas concepções sobre a NdC.

Como era esperado, E17 e E9 fizeram relação entre a narrativa histórica apresentada e as imagens “inadequadas” da ciência, por ser um dos itens avaliados no seminário 3 (aula 18).

Após E18 perguntar: o que é entropia?

E17: *(...) foi construído isso daí aos poucos, o que é entropia? Começou com o Clausius tudo bem, mas aí veio o Boltzmann também acrescentou coisas que daí associou entropia, na verdade, a microestados do sistema e macroestados do sistema também... na verdade, ele foi um conceito que foi desenvolvido assim aos poucos, não foi ah puf! (...)*

Resposta dada aos seguintes questionamentos do professor: “então as experiências não são feitas ao acaso? São pensadas?”

E17: *(...) ah não. Certamente (...)*

Após o professor dizer que as experiências têm hipóteses por trás e o experimento vai corroborar ou não com essas hipóteses:

E17: *(...) exatamente, não tem imagem nenhuma da ciência, isso que você coloca está no texto... senão das críticas que se faz das imagens distorcidas da ciência (...)*

Na aula 19, E17 não externalizou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 20, após E6 mencionar a intuição de Bohr no que se refere aos postulados, e a partir disso, o professor comentou que ainda tem gente que fala de método:

E17: *(...) é, exatamente... risos! (...)*

E6: *(...) é isso aí... já é um dos contra das visões distorcidas (...)*

E17 - nas aulas 21, 24, 26 e 27 - mesmo atento as discussões de natureza histórico-epistemológicas, não apresentou explicitamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 29, após E14 fazer uma síntese sobre como a ciência progride segundo Thomas Kuhn, durante a apresentação, E14 mencionou que o paradigma novo vai resolver os mesmos problemas do dominante, apresentar soluções para as anomalias e ainda propor novas coisas para serem testadas pelos cientistas:

E17: *(...) mas eu acho que esse papo de ciência normal de Kuhn, eu sei, eu entendi não, mas eu acho que não existe, nunca existiu, porque sempre tivemos problemas que nunca foram solucionados pela Física da época, ah sei lá, não conhecia, ninguém então tipo sabia sobre Óptica, então está construindo conhecimento, não era um período normal, depois dele não se sabia sobre energia, sobre entropia, e aí tiveram que entender isso, depois formular a Termodinâmica, depois não sabia sobre Eletromagnetismo, tiveram que construir conhecimento, tipo assim, um novo, nunca houve esse conceito de anormalidade de fato assim (...)*

Nas aulas 30, 31 e 32, E17 não expôs suas concepções sobre a NdC.

Trajetória de E18

E18 faltou a 10^a e a 25^a aula. Na aula 02, entre os posicionamentos, opiniões e comentários decorrentes da leitura e discussão do capítulo 1, E18 disse:

(...) é a mesma coisa das equações de Maxwell... ainda tem que escrever as equações como problema de Maxwell... ele construiu as equações... na verdade muita gente... está dando muita história (...)

Na aula 03, E18, mesmo atento as discussões de natureza histórico-epistemológicas, não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 04, após o professor mencionar que ideias contra ideias a mais bem estruturada será a predominante, de E18 emergiu o seguinte questionamento:

E18: (...) *ele foi fundamental para desenvolver muito conhecimento..., mas de certa maneira... o que ele desenvolveu... estava... não correto... não melhor... maneira possível... bloqueou muitos séculos de desenvolvimento... e a gente sabe onde poderia estar hoje... se a gente não teria muitas dessas ideias se ele não tivesse existido... e se ele tivesse uma influência menor... a gente não estaria muito mais à frente (...)*

Ainda na aula 04, o professor sintetizou um questionamento de E8 com a seguinte questão para a turma: o Aristóteles foi, ou não, um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência?

E18 primeiro disse:

(...) *mas Aristóteles era forte (...)*

Adiante, E18 falou:

(...) *A minha dúvida... era a influência que ele tem foi tipo assim... soltei um 'paper' aí..., mas aí explodiu... ou o cara era muito bom de papo... tem gente que sabe fazer ciência... tem gente que além de fazer ciência... sabe influenciar... tem aquele dom... se você tivesse que dom também... é complicado você medir... porque... tanta gente criticando... se o cara conseguiu passar... vender o peixe dele (...)*

E18 referiu-se ao experimento no qual detectaram que a velocidade do neutrino ultrapassou a velocidade da luz no vácuo (aula 04):

(...) *por exemplo... se fosse como antigamente nem ia acreditar... ninguém nem ia olhar os dados do cara... porque não... estava lá..., mas Einstein falou... suspeito... está funcionando... ignora isso daí mesmo parecendo uma injustiça para todos nós... ainda foi revisto o 'paper'... foi revisto o material... foi refeito o experimento... mais de duas vezes... para tentar ver se aquilo ali era ou não coerente (...)*

Posicionamentos que vieram à toa na aula 04 após o professor levantar a seguinte questão: se alguém chegasse assim, vou fazer um experimento aonde vou te mostrar o moto perpétuo, o que você diria? O professor também chamou a atenção dos estudantes sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento, uma vez que, segundo ele, pelo experimento puro e simples pode ser bolado algo para nos enganar, isto é, não é apenas o experimento que irá dar tudo:

E18: (...) *ele teve provas... faz o experimento... mostra como funciona... depois de um monte de coisas... aí quando algumas pesquisas preveem... acontece... ah agora a gente pode corromper (...)*

E18: (...) *não é engraçado professor... toda essa revolução... e aí a gente vê o pessoal engolindo essas abobrinhas tão fácil... a gente sabe... tarô quântico está dominando a internet... e as pessoas engolem isso numa alegria(...)*

O professor citou Galileu ao falar de racionalidade:

E18: (...) *se você fizer o que todo mundo faz você vai obter os mesmos resultados... você é racional (...)*

E18: (...) *cada ser humano tem a sua razão... não dá para dizer o que é racional para você e tentar medir com outra pessoa... não vai ter como... é tentar conversar linux com alguém... sei lá... windows(...)*

O professor primeiro citou o Paul Feyerabend (Contra o método) e depois o Bohr:

E18: (...) *se a gente procurar simetria... a gente consegue entender... consegue matematizar por mais que a gente não queira... se a gente tentar enxergar simetria... às vezes a gente consegue fazer (...)*

E18: (...) *ela não é tão simetria assim... tem muita física por trás das equações... se fosse assim é só simetria (...)*

Exemplo dado por E18 na aula 05, após o professor falar que existem fatores externos que influenciam o desenvolvimento científico:

(...) *um cara está fazendo uma pesquisa que quer publicar..., mas a empresa que pagou... não quer que ele publique porque tem o direito pela patente (...)*

Na aula 06, E18 primeiro criticou o artigo intitulado "Entrevista com Tycho Brahe" (MEDEIROS, A. Entrevista com Tycho Brahe, **Física na Escola**, v. 2, n. 2, p. 19-30, out.

2001) e respondeu a pergunta do professor: “Só tem coisas boas para levar o Tycho Brahe para o ensino?”

(...) tudo é perfeito... era riquinho... não faz nada na vida... só estuda... aí pum... inventa uma coisa (...)

Ainda na aula 06, o professor perguntou “levamos ou não levamos o Tycho Brahe para o Ensino Médio?” Por que sim? Por que não?

E18: *(...) se você quer simplesmente dar uma ideia para os alunos... nada é tão redondo quanto parece (...)*

E18: *(...) tem que falar... as medições... o sistema do cara não é tão bom como deveria ser... adequiei ao meu modelo (...)*

E18: *(...) é extrema... a importância da medida (...)*

Após o professor mencionar o seguinte trecho do referido artigo: “Aquele modelo de compromisso parecia-me esteticamente perfeito, eu só precisava encontrar as peças de evidência. Foi aí que mergulhei febrilmente na coleta de dados observacionais que apoiassem o meu sistema” (página 27):

E18: *(...) você vai procurar dados... você já procura ele pensando onde você quer chegar... você acaba adaptando seus dados (...)*

Na aula 07, E18 ao mencionar a influência de fatores externos na disputa científica: *(...) eu acho engraçado como as coisas vão se invertendo (...)*

Na aula 08 o professor dividiu a sala em dois grupos. E18 estava no grupo 2.

Ainda na aula 08, entre os comentários e questionamentos sobre a lendária experiência da torre de Pisa:

E18: *(...) e aí começar a abrir como é que foi a ideia de Galileu (...)*

E18: *(...) e ele veio com essa ideia do nada.... Vocês teriam ideia do dia para noite e iriam convocar todo mundo para mostrar (...)*

E18: *(...) ele com certeza passou por muitas provocações... ele fez vários testes... fez vários experimentos... tem toda uma teoria bolada... a gente poderia daí mostrar... qual o potencial intuitivo... por que a gente não fala no texto... qual que era a teoria que tinha na época... por que ela era tão bem aceita... onde é que estava a diferença dela para teoria de Galileu (...)*

E18: *(...) se ele fosse fazer um experimento diferente... ele poderia quebrar a cara... ele não fez... mas será que o Galileu não faria diferente... você como um físico experimental... você tentaria provar uma teoria completamente... então será que este experimento tem realmente alguma realidade... ele ia chamar todo mundo para ver um pouquinho... não ia apresentar nenhuma teoria... o interessante... eu acho isso... trabalhar toda essa evolução do conceito dele... e também na parte que também tinha um erro... ia mostrar... teve uma parte que ele está correto... foi uma evolução... mas ele também não foi o ápice... ele não foi o ponto que a gente chegou e realmente montou outra teoria (...)*

Após o professor pedir para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, após pedir aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi colocado:

E18: *(...) o senhor estava falando que a natureza não devia ser muito complexa não é (...)*

E18: *(...) A gente sabe... a gente cria modelos para tentar explicar o que está acontecendo (...)*

Na aula 09, mesmo atento às discussões, E18 não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 11, o professor deu início ao trabalho de sala de aula com a vídeo-aula intitulada “Imagens deformadas do trabalho científico” (hipermídia do curso de licenciatura em física na modalidade à distância) e, em seguida, disse que os estudantes iriam ver essas imagens ao longo da disciplina da ciência apresentadas na vídeo-aula, bem como deveriam apresentar pelo menos um contraexemplo das imagens “deformadas” (termo que eles poderiam substituir por inadequadas) nos seminários. Sobre o argumento acerca da intuição como algo divino, E18 comentou o seguinte:

(...) o senhor concorda comigo que mesmo com esse argumento... por exemplo... eu não diria que os outros cientistas contemporâneos de Einstein estudaram menos... esforçados... dedicados ou avaliaram menos... eu justamente acredito que nada virá do acaso... a vida

que ele teve... as experiências únicas que ele participou... eu não estou falando de experiências... ah meu Deus... eu ele foi para não sei onde... não... às vezes aquelas coisas mais estúpidas... que você não dava valor... aquela conversa mais idiota sobre uma maçã estragada... vai te dar um insight... 10 anos depois sobre outra coisa que não tem nada a ver com isso está... como o ser humano é construído... isso é uma coisa muito complexa... que nunca vou ter capacidade para exprimir aqui e para entender a evolução toda do cérebro humano... mas enfim... eu acho o argumento dele bonitinho... mas não convence (...)

E18 perguntou ao professor se a teoria sobre a matéria escura ia mudar alguma coisa na lei da inércia:

(...) se você disser que ela mude...você vai ter que encontrar uma teoria... que seja melhor que a inércia e que comprove tudo que a inércia já comprovava (...)

Na aula 12, após o professor comentar que procurou expressar numa relação matemática o pensamento que estava por trás da discussão sobre choque elástico:

E18: *(...) isso baseia no estudo de Descartes... o Descartes também tinha essa ideia de construção do momento (...)*

E18 se referia à teoria newtoniana em meio a discussão sobre desenvolvimento de tecnologia versus aplicação da tecnologia; conhecimento versus tecnologia; pesquisa básica versus pesquisa aplicada (aula 12):

(...) uma teoria que vai até hoje... e vai passar de hoje... vai passar séculos... vai continuar valendo... não sabe até quando, mas ela por enquanto ela está valendo (...)

Ainda na aula 12, após o professor comentar que Newton não fazia os seus experimentos do nada, que ele tinha ideias preconcebidas, e depois comentar como Descartes estruturou seu conhecimento, E18 disse:

(...) é que eu sempre achei essas definições de racionalismo... empirismo... acho coisas meio difíceis... muito rígidas... como eu não sei... toda criança... toda criança é um cientista por natureza... elas não pensam racionalmente antes de começar a ver uma coisa... o que é que acontece... elas vão ver um fenômeno... vão pensar sobre ele... vão criar uma teoria e vão utilizar outros experimentos para tentar comprovar o que eles pensaram... o experimento... ele faz parte... ele motiva, mas também comprova e tem uma teoria lá no meio... eu não consigo pensar como é que tu vais querer só com prática comprovar alguma coisa ou só com teoria... é... dói escutar isso... e eles tem esta coisa neles fixa... parece que é meio... mas é a impressão que eu tive (...)

(...) é que eu achei curioso porque Descartes faz aquela analogia com a Arquitetura... um arquiteto só de vários... eu achei curioso porque a ciência... ela vem funcionando com base nessa... ultimamente... é simples... tipo... tem os grandes assim geralmente... hoje em dia a gente vai trabalhando com uma equipe de arquitetos que vão trabalhando juntos (...)

Na 13ª aula, após E4 se referir ao trabalho de Newton sobre Alquimia e o professor perguntar: o que o Newton queria com a Alquimia?

E18: *(...) eu sempre tive curiosidade de como era esse trabalho... penso em Alquimia... penso logo num cara transformar... qualquer coisa... um isqueiro em ouro assim... só que imagino que não era esse o trabalho de Newton... ele não era um ser humano... eu não acredito que ele ia pensar nesse tipo de coisa... eu fico bem curioso (...)*

E18: *(...) eu mesmo leio... eu também julgava ele... se ele estava sendo um alquimista ou se estava de novo pensando a frente do que todo mundo pensava e ele foi simplesmente condenado de novo porque as pessoas não conseguiram enxergar o que ele estava vendo (...)*

Nas discussões na aula 14, capítulo 6, relativas a existência de um suposto método científico:

E18: *(...) ô professor é cabível dizer o método? Mas você tem uma gama de etapas, todo conhecimento passa por algumas delas, dependendo do que você está querendo elencar no final do teu processo, você vai ter um certo método para cada, eu não digo assim vai ter um método pronto, mas você vai passar por um método para desenvolver seu pensamento no sentido assim, tipo, o Newton e o Descartes cada um deles vai colocar, como é que chama, pensamentos para filosofar, não é? Regras para filosofar, não é? Não deixa de ser um tipo de método, de certa maneira eles colocam regras para você seguir(...)*

Nas aulas 15 (seminário 01), 16 (seminário 02), 17 (seminário 04), 18 (seminário 03), 19 (seminário 05), 20 (seminário 06), 21 (seminário 07), 22 (seminário 08), 23 (seminário 09) e 24 (seminário especial 01), E18, mesmo atento, não pôs a vista questionamentos, nem posicionamentos que explicitamente sinalizassem sua visão sobre a NdC.

Na aula 26 (seminário 10), E18, juntamente com E7, apresentou o seminário 10.

Sobre o surgimento do Eletromagnetismo (analogia com a lei da gravitação de Newton):

E18: (...) *quando veio trabalhar com a gente, ela comentou que o pessoal comparava um experimento, reproduzia. Então, o que se fazia naquela época continua fazendo agora, continua assim olhando que o outro está fazendo e vai levando... é verdade que se viu inferir, não é, eles vão reproduzir para buscar novos conhecimentos (...)*

Sobre a produção do magnetismo pelas descargas atmosféricas (Benjamin Franklin não acreditava na relação mútua entre Eletricidade e Magnetismo), E18 comentou:

(...) *existiam várias explicações do porquê, sabe como é a Física, isso acontecia quando não se encontra uma explicação, nós vamos caminhando com elas verificando em bom número o que está acontecendo (...)*

Acerca da interpretação, que está no livro-texto, a respeito da “descoberta acidental de Oersted”:

E18: (...) *até porque o Oersted fazia vários experimentos nessa relação, na época ele sempre achava a agulha, como a gente fala, transversal (...)*

E18: (...) *eu não sei, eu acho... ‘ok’ tem um lado da história que conta desse jeito, mas eu ponho muita fé no Oersted que ele devia estar pensando sobre, mas como o senhor colocou é verdade esta questão não dá para dar um ultimato final (...)*

E18: (...) *a gente tem que pensar que eles são cientistas, é uma preocupação, como é que a comunidade científica vai olhar o cara, não pode fazer o experimento uma vez, observar o fenômeno e já saindo escrevendo ‘paper’, como hoje em dia (...)*

Sobre a contribuição de Arago, Gay-Lussac, Biot e Savart para o Eletromagnetismo:

E18: (...) *todas as contribuições são importantes, são várias evidências que vão corroborando, juntando cada vez tijolo a tijolo, tornando a hipótese cada vez mais viável, isso que é ciência, porque a gente observa um fenômeno que a gente vai imbuir, depois todos a mesma natureza... a gente vai sempre buscando mais e mais, hoje eu estava tendo aula de teoria, o professor estava conversando do desastre do cara que tentou ver se a velocidade do neutrino é mais rápida mesmo que a da luz, e vive dizendo que sempre a gente testando e não consegue chegar, ‘ok’ isso é bom, quer dizer que a teoria é firme, mas não quer dizer que a gente tem que parar de tentar, porque isso persiste, a gente continuar examinando as coisas sempre à procura de efeitos novos (...)*

E7: (...) *dá para perceber também que é uma comunidade que faz o avanço científico não é só um indivíduo isolado que causa uma contribuição para ciência (...)*

E18: (...) *mas acontece também (...)*

Sobre o fenômeno de indução eletromagnética:

E18: (...) *a questão que ele colocou, você assume um pressuposto, você bola o experimento para tentar ver o que está acontecendo se pode ser, se não pode, e você não se contenta em saber ah não deu certo pronto, vou desistir, não, ele vai observando o experimento como todo, ele vai analisando o que está acontecendo, com base no experimento ele analisa cada opção que tenha feito (...)*

Sobre a síntese de Maxwell (interesse do Maxwell no trabalho de Faraday):

E18: (...) *leu o trabalho de Faraday inteiro, não só o trabalho de Faraday como a matematização dos outros cientistas da época, mas ele tem esta preocupação de buscar em Faraday essa parte da sustentação importante para mostrar, para quando ele tiver dizendo... está todo mundo conversando sobre isso, a questão desses grandes cientistas tem que voltar, ir para suas raízes lá, explorar o pessoal de antes, dar importância a quem já vem construindo conhecimento (...)*

Acerca da questão do meio de propagação das ondas eletromagnéticas:

E18: (...) ou seja, a luz é uma onda eletromagnética. Vocês imaginem como isso muda a concepção de experimentos, da capacidade que você pode agora começar a fazer, a questão que você pode começar a desenvolver experimento para provar uma coisa ou outra, você está juntando duas áreas da Física, então (...)

Após o professor perguntar se a experiência de Michelson-Morley foi crucial:

E18: (...) que na época as pessoas ainda consideraram que o éter existia, o quê que está do lado do experimento, eu até conversei com o professor, essa questão da importância que a gente... ah ele faz todas essas coisa aí e crente, claro, fez o experimento e acabou, esquece, isso não existe, não, não é assim, tudo tem um período, quem já discutiu comigo sabe que não vai me convencer de primeira... a mesma coisa é ciência, a gente tem que, uma vez... o experimento, vamos evoluir gradativamente, a questão aqui é a mesma (...)

Após o professor indagar: por que chamam de experimento crucial se não existe?

E18: (...) a ciência é feita de seres humanos, então você se conhece... e conhece seus colegas sabe como é que é a gente... já têm coisas que você nasce acreditando nisso e você acaba movendo, é difícil a gente largar de uma crença nossa e essa dificuldade sempre vem ser um paradigma (...)

Nas aulas 27, 28, 30 e 31, E18 não explanou, diretamente, suas concepções sobre a NdC.

Na aula 29, após E14 fazer uma síntese sobre como a ciência progride segundo Thomas Kuhn e mencionar que o paradigma novo vai resolver os mesmos problemas do dominante, apresentar soluções para as anomalias e ainda propor novas coisas para serem testadas pelos cientistas:

E18: (...) tem que propor mesmo, ele sempre tem que ir além, ele não pode só (...)

E14: (...) para que adiantaria uma nova coisa se não vai além (...)

E18: (...) ele consegue provar o que não foi comprovado, já parece bom (...)

E8: (...) é uma comunidade de gente que está trabalhando nisso... não é um que está tentando provar um problema, é um amontoado de ideias que tão estabelecendo para explicar as anomalias e aí aparece novas ideias que resolvem essas anomalias e aí está no período de ciência normal, depois começa um paradigma novo (...)

E17: (...) mas eu acho que esse passo de ciência normal de Kuhn, eu sei, eu entendi não, mas eu acho que não existe, nunca existiu, porque sempre teve problemas que nunca foram solucionados pela Física da época, ah sei lá, não conhecia, ninguém então tipo sabia sobre Óptica, então está construindo conhecimento, não era um período normal, depois dele não se sabia sobre energia, sobre entropia, e aí tiveram que entender isso, depois formular a Termodinâmica, depois não sabia sobre Eletromagnetismo, tiveram que construir conhecimento, tipo assim, um novo, nunca houve esse conceito de anormalidade de fato assim (...)

E18: (...) terminando lá, tem? Preciso então necessariamente, indubitavelmente tem que ter um avanço além de provar teu resultado(...)

E14: (...) diga para que tu queres uma teoria, se tudo repete a mesma coisa que tu viste antes? Se não propõe coisas novas (...)

E18: (...) tu vais destacar porque não teve nada novo? Ou tu vais adotar porque o cara consegue resolver o problema? (...)

E1: (...) ele está resolvendo o problema? Ele está resolvendo um problema que antes não era resolvido? Então pronto! (...)

Na 32ª aula, E18, juntamente com E2 e E4, apresentou o seminário 16.

Após síntese de E4 acerca da evolução dos aceleradores de partículas (Dos tubos a vácuo ao LHC):

E18: (...) a quantidade de energia, como eu estava comentando com vocês, eu começo com alguns MeV, depois vou para alguns GeV, eu estava conversando entre a gente que o LHC é proposto para trabalhar com alguns TeV... bem sempre Rutherford fala, maiores energias, mais a fundo a gente vai poder estudar (...)

Após E8 falar sobre os Quarks:

E18: (...) *é aquela coisa que a gente estava conversando, o físico além da gente buscar ajuda no experimento, tem também aquela coisa da gente tocar na matematização da teoria (...)*

Comentários decorrentes da notícia sobre a detecção do Bóson de Higgs:

E18: (...) *gostoso de ver como a teoria vai se criando assim, a gente não tem esse sentimento quando a gente aborda as outras assim, porque a gente não está vivendo isso, e agora que é uma coisa tão complicada, você vê assim, os caras descobrem uma partícula, descobrem outra, pô tem alguma coisa que não fecha, juntos a gente sente como é que eles estão montando, a trajetória toda, eu achei bem, bem gostoso ter essa, se sente, se sente quase participante assim (...)*

E4: (...) *é muito legal que a teoria, vai surgindo as partículas depois é comprovada na experiência também, as coisas vão se comprovando depois (...)*

E18: (...) *e também o inverso, encontram a... não teve esse (...)*

Professor: (...) *e tem toda uma matemática pesadíssima... não foi tão simples assim (...)*

Trajetória de E19

E19 faltou a 02^a, 04^a, 08^a, 09^a, 11^a, 12^a, 14^a, 16^a e a 26^a aula. Nas aulas 03, 05, 06, 07, 10, 13, 15 17, 18, 19 e 20, E19 não expôs questionamentos, tampouco posicionamentos que explicitamente sinalizassem concepções epistemológicas em concordância ou em discordância com a visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor.

Na aula 21, E19, juntamente com E12 e E13, apresentou o seminário 07. E19 não fez relação direta entre a narrativa histórica apresentada e a contraposição às “imagens inadequadas da ciência”.

Nas aulas 22, 23 e 24, E19 não explanou diretamente suas concepções sobre a NdC.

Na aula 25 (seminário especial 02) procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, considerados como adequados segundo as aulas de ECF – verificou-se que os estudantes presentes, dentre eles E19, concordaram com tais aspectos.

Nas aulas 27, 28, 29, 30, 31 e 32, E19 não pôs à vista suas concepções sobre a NdC.

3.6 A influência do professor nas concepções dos estudantes sobre a NdC

Aqui procuro investigar a influência do professor da disciplina ECF ministrada na UFSC - 1º semestre acadêmico do ano letivo de 2012 – na trajetória dos estudantes quanto às suas concepções sobre a NdC.

Conforme Teixeira et al. (2010b), as razões cognitivas para o uso da argumentação na educação científica partem do pressuposto de que ao serem envolvidos em atividades de argumentação os estudantes são levados a expor e discutir publicamente seu pensamento, submetendo-o à apreciação crítica dos outros e, assim, resignificando-o. Isso significa deslocar as ideias do plano intra-subjetivo (argumento retórico, pessoal, individual) para o plano intersubjetivo (argumento dialógico, construído com a influência de diferentes vozes).

Segundo Cordeiro e Peduzzi (2012), para a formação de professores capazes de identificar e discorrer sobre alguns aspectos da NdC presentes nos livros didáticos ou mesmo na mídia escrita ou falada, é fundamental que sejam feitos paralelos entre o que já foi aprendido conceitualmente e a história dos fenômenos para a construção de uma melhor compreensão do trabalho científico.

Trabalhos como o de Moreira et al. (2007), Massoni e Moreira (2007) e o de Ferreira e Martins (2012) apontam as disciplinas de conteúdo histórico e filosófico como componentes básicas para a mudança/transformação das chamadas imagens distorcidas dos estudantes sobre o fazer científico e/ou para proporcionar concepções consideradas adequadas sobre a NdC.

3.6.1 Perfil do professor⁴⁷

O professor da disciplina ECF tem bacharelado e mestrado em Física pela UFRGS, doutorado em Educação pela UFSC na área temática HFC e é autor/coautor de diversas publicações nessa área.

O professor ministra a disciplina ECF há pelo menos 10 anos e é líder do grupo de pesquisa denominado “História da Ciência e Ensino de Física”.

Seu primeiro contato com o conteúdo de HFC foi nos eventos da área e por meio de colegas de trabalho do Departamento de Física da UFSC. Desse contato, resultou na sua participação em eventos, o levou ao doutorado e à disciplina ECF.

Entre seus projetos de pesquisa estão: a disciplina optativa “Ensino e História da Física” (código: FSC 5516) e a reformulação geral dos seus livros de textos (ampliação e revisão dos textos existentes), com base nos estudos por ele realizados e nas pesquisas de mestrado e doutorado dos seus orientandos.

Sua metodologia de trabalho é bem diversificada e conta com materiais/recursos didáticos por ele desenvolvidos e com referências adicionais. (resenha, leitura pré-selecionada do livro de textos, seminários, participação dos estudantes nas aulas, uso de TICs etc).

O professor assinala que os docentes da área de Ensino de Física, e não os da área de Física, são os mais indicados para lecionar a disciplina ECF. A não ser

⁴⁷ Perfil construído com base na entrevista cedida e validada pelo professor da disciplina ECF da UFSC, semestre 2012.1 (apêndice H, página 208).

que os docentes da área de Física tenham leituras ou adquirido familiaridade com o assunto.

Ele não tem dúvida que por ser uma disciplina de final de curso, ECF faz uma revisão dos conceitos/assuntos discutidos ao longo do curso de graduação em física, contribui para a formação geral e para a prática profissional dos futuros licenciados e bacharéis em física, assim como provoca transformações das concepções dos estudantes sobre a NdC.

Sobre a integração entre o conhecimento histórico e o conteúdo de física, ele afirma que o conteúdo histórico deveria, sempre que possível, ser contemplado em outra disciplina do curso de graduação em física. Também sinaliza que a disciplina ECF teria que ser reformulada para ser oferecida em outro período do curso de graduação, pois, apesar de não ser uma disciplina voltada para o conceito em si, não pode ser desenvolvida sem ele. Por isso, a disciplina deve ter pré-requisito no curso de graduação em física.

3.6.2 A influência do professor⁴⁸

Após a fase de coleta (observação, documentos escritos, entrevista e recursos *on line*) e organização das informações sobre cada aula (diário de campo e transcrição das manifestações verbais gravadas em áudio e vídeo), leitura flutuante, produção de anotações, segmentação e codificação dessas informações (quadros 01 e 02, páginas 44 e 45, respectivamente), o passo seguinte foi, consoante Moreira e Caleffe (2008), isolar as unidades gerais de significado derivadas dos dados (trajetórias individuais dos estudantes e recortes das aulas, páginas 74 e 152, respectivamente): categorização; relações entre as categorias e significado das informações (capítulos 3), conforme o objetivo de tirar conclusões da investigação e/ou confrontá-las com a literatura.

Com vistas às falas dos envolvidos (recortes das aulas da disciplina, apêndice G, página 151), percebe-se que a discussão, no que se refere à NdC, foi implementada a partir dos posicionamentos, opiniões e comentários decorrentes da leitura e da discussão/problematização dos episódios históricos narrados nos respectivos capítulos dos livros-textos e em textos adicionais.

⁴⁸Apêndice G, página 151.

A leitura inicial do texto produzido pelo professor influencia/aflora as concepções dos estudantes sobre a NdC, e as aulas da disciplina ECF, por si só, são problematizadoras de concepções sobre a NdC. Segundo Forato et al. (2012), é importante lembrar que o trabalho de quem constrói os relatos sobre a HC é sempre permeado por valores pessoais. Daí decorre que qualquer narrativa histórica reverbera uma concepção sobre o funcionamento e a construção da ciência, seja ela escrita por um especialista ou não.

O professor mostrou-se determinante na problematização dos itens listados pela visão de consenso (capítulo 1) sobre aspectos relativos à NdC e ao fazer os estudantes discutirem e externalizarem suas concepções sobre a NdC.

Sua tendência à abordagem histórica internalista também está presente no material didático por ele produzido. Isso, de acordo com Oliveira e Silva (2012), pode influenciar no entendimento da NdC pelos estudantes - uma vez que o enfoque em uma das abordagens da HC (internalista ou externalista) limita a compreensão sobre a natureza do conhecimento científico. No entanto, tal tendência se justifica pelo extenso programa da disciplina.

Durante as aulas, o professor discutia situações que veiculavam alguma concepção sobre a NdC que não condizia com a visão por ele defendida/problematizada na sala de aula (aulas 04, 08, 09, 11, 12, 13,14, 16, 17, 21 e 22, apêndice G, página 151) e na narrativa histórica adotada no material didático por ele produzido.

Na apresentação dos seminários, o professor incentivava a participação dos estudantes perguntando e fazendo observações de cunho histórico-conceitual e epistemológico (a exemplo das aulas 16, 18, 19, 20 e 28) a partir dos episódios históricos discutidos, principalmente, quando os estudantes simplesmente narravam o que está escrito nos livros de textos ou quando eles não incentivavam a participação dos demais com questões sobre aspectos relativos à NdC e/ou não se posicionavam sobre o tema em discussão.

Nas aulas 02 a 14, o enfoque metodológico adotado pelo professor (exposição dialógica/participativa a partir de leitura pré-selecionada) mostrou-se favorável às discussões de cunho epistemológico (no sentido de aflorar concepções sobre a NdC) com base no material didático e nas discussões no contexto de sala de

aula, se comparado com o enfoque nas aulas predominantemente expositivas/informativas (seminários apresentados pelos estudantes), em sua maioria com pouca participação/discussão (a exemplo das aulas 15, 18, 19, 20, 23, 27, 28 e 30).

Observa-se que os estudantes foram conduzidos pela leitura pré-selecionada, pelos questionamentos presentes no livro de textos, pela visão defendida/problematizada pelo professor, pelo critério de avaliação (da disciplina e do seminário, páginas 18 e 19) e/ou pelas opiniões dos demais estudantes, a exporem e a discutirem suas concepções sobre a NdC em cada aula.

A relação entre a inferência do professor e a discussão sobre a NdC (causa e efeito) pôde ser observada nas aulas nas quais o professor problematizou o conteúdo do livro-texto, levantou questões, críticas e comentários durante os seminários, fez sugestões sobre o formato da apresentação e o conteúdo, e disponibilizou referências adicionais e/ou recursos/materiais didáticos aos estudantes.

Na primeira metade do curso de ECF (aulas 01 a 14), o ato de discutir os aspectos relativos à NdC a partir das narrativas históricas do livro de textos fez aflorar concepções sobre a NdC de maneira espontânea, ainda que a relação entre o que o estudante diz/escreve no contexto de sala de aula e o que ele pensa, não seja tão direta.

Na segunda metade do curso, a tarefa de fazer menção às imagens deformadas da ciência (GIL PÉREZ et al, 2001) nos seminários (aulas 15 a 32), isto é, de contra exemplificar essas imagens, mostra-se importante para a discussão sobre aspectos relativos à NdC, porém, tênue para a relação entre o que o estudante diz/escreve no contexto de sala de aula e o que ele pensa. Seja avaliando essa relação com instrumentos de pré e pós-testes, seja analisando-a a partir da trajetória dos estudantes ao longo das aulas.

Por fim, a análise das falas e intervenções revela a influência direta do professor (experiência, estratégias de ensino, método de avaliação e material didático por ele produzido) nas concepções dos estudantes sobre a NdC ao longo do processo vivenciado na disciplina.

Conclusão

A disciplina ECF configura-se como uma componente básica para a discussão sobre a NdC na formação dos futuros profissionais em física da UFSC, por possibilitar maior leitura e vivência dos estudantes sobre HFC, além de incentivo à continuidade dos seus estudos na área (a exemplo de E5, E7, E9, E14 e E16 que após cursarem ECF, se inscreveram na disciplina optativa intitulada “Ensino e História da Física” - FSC 5516).

A partir das trajetórias individuais dos estudantes, dos recortes das aulas da disciplina, questionários respondidos e das resenhas – pode-se concluir neste estudo de caso que uma disciplina de natureza histórica, com perspectiva epistemológica, influencia fortemente as concepções dos estudantes sobre a NdC, pois promove mudanças nessas concepções através da ação do professor em sala de aula, do material didático por ele produzido e do contexto.

A influência da disciplina ECF na formação de futuros profissionais em física, no que diz respeito às suas concepções sobre a NdC, evidencia-se ao longo das imagens de ciência que afloraram nas aulas e na forma como as discussões foram implementadas na sala de aula. Tal performance tem forte relação com a formação e experiência do professor no uso didático da HFC.

Conforme análise do capítulo 3, as trajetórias individuais dos estudantes, quanto às suas concepções sobre a NdC, podem ser agrupadas da seguinte forma:

- *estudantes que revelaram, explicitamente, uma concepção que não concordava com a visão defendida/problematizada pelo professor, mas que apresentou mudança ao longo da disciplina;*
- *estudantes que discordaram de aspectos relativos à visão do professor, mas não apresentaram um padrão de mudança no decorrer das aulas;*
- *estudantes que expuseram questionamentos e/ou posicionamentos ao longo das aulas, que claramente sinalizavam concepções sobre a NdC em acordo com a visão de ciência defendida/problematizada pelo professor, mas no final da disciplina, aqueles que responderam o questionário revelaram, direta ou indiretamente, que tinham concepções “errôneas” sobre o fazer científico, tendo como parâmetro a visão do professor;*
- *estudantes que mesmo atentos às discussões de natureza histórico-epistemológicas que ocorreram durante as aulas, quase que não expuseram questionamentos e/ou posicionamentos, ao longo da disciplina, que explicitamente sinalizassem suas concepções sobre a NdC.*

Com vistas às concepções dos estudantes sobre a NdC no decorrer da disciplina, pode-se também concluir que a reflexão sobre os aspectos relativos à

visão de ciência defendida/problematizada pelo professor contribuiu significativamente na formação desses estudantes acerca da NdC.

No entanto, a partir deste estudo de caso observa-se que a crença nas possibilidades de utilização da HFC como forma de transformar ‘imagens distorcidas da ciência’ de futuros profissionais em física - ou proporcionar-lhes uma ‘visão adequada da ciência’ – deveria ser revista, pois o uso da HFC como forma de discutir concepções sobre a NdC mostrou-se mais coerente do que o uso da HFC na tentativa de transformar, corrigir ou evitar imagens consideradas distorcidas ou para proporcionar visões ditas mais adequadas.

Ainda assim, a discussão sobre os aspectos relativos à NdC não deveria ser realizada apenas em uma única disciplina obrigatória, como acontece no curso de graduação em física da UFSC, ou seja, essa discussão também deveria ter espaço em outras disciplinas de formação inicial, pois, os estudantes chegam à disciplina ECF com concepções sobre a NdC construídas/transformadas nas disciplinas de conteúdo científico (conceitual), na iniciação científica, nos eventos científicos, pela leitura independente etc. Contudo, as discussões nas disciplinas de conteúdo científico, em geral, são dissociadas da HFC e essa é associada apenas à disciplina ECF.

Portanto, há a necessidade de mais estudos sobre a NdC na formação de licenciandos e bacharelados em física - em diferentes contextos e em distintos lugares, utilizando instrumentos que também valorizem o processo vivenciado, seja em disciplinas de conteúdo científico, seja em disciplinas com foco no uso da abordagem histórico-filosófica – para respaldar a discussão aqui realizada e para responder questões bem iminentes, tais como:

- *Os conteúdos sobre a ECF deveriam ser distribuídos nas disciplinas de conteúdo científico do curso de graduação em física? Distribuídos em disciplinas de conteúdo histórico-filosófico ao longo do curso de graduação, ou apenas contemplados em uma disciplina isolada, como ECF, no final do curso? Além da disciplina ECF, quais disciplinas de conteúdo histórico-filosófico poderiam fazer parte da estrutura curricular de um curso de graduação em física?*
- *Quem deveria ensinar a disciplina ECF? Os docentes da área de Ensino de Física, ou os docentes da área de Física? Por quê?*
- *Se o professor da disciplina ECF da UFSC, semestre 2012.1, fosse outro, os efeitos produzidos pela disciplina nas concepções dos estudantes sobre a NdC seriam os mesmos? Por quê? A mesma pergunta para o material didático e para o contexto de sala de aula.*

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 37, n. 10, p. 1057- 1095, 2000.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the nature of (whole) Science. **Science Education**, v. 95, n.3, p. 518-542, 2011.
- ALTERS, B. J. Whose Nature of Science? **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 34, n. 1, p. 39- 55, 1997.
- AMANTES, A.; BORGES, O. Identificando fatores que influenciam a aprendizagem a partir da análise do contexto de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 273-296, ago. 2011.
- ARTHURY, L. H. M.; PEDUZZI, L. O.Q. A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos: recepção de um texto para graduandos em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 2, 2405 - 2405-14, 2013.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176 – 194, jun. 2003.
- BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I.. Controvérsias sobre a natureza da Ciência como enfoque curricular para o ensino de física: o ensino da história da Cosmologia por meio de um jogo didático. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, jul. – dez. 2014.
- CARVALHO, A. M. P.; VANNUCHI, A. O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. **Revista Eletrônica Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.1, n.1, p. 3-19, abr. 1996.
- CORDEIRO, M. D. **Dos Curies a Rutherford: Aspectos históricos e epistemológicos da radioatividade na formação científica**. 2011. 234f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n.3, p. 536-563, dez. 2014.
- _____. Um Módulo sobre a Radioatividade: Sua História e sua Transposição Didática. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. cap. 7, p. 183 - 210.

_____. As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n.3, p. 471-512, dez. 2010.

CROTTY, M. **The foundations of social research**: meaning and perspective in the research process. London: Sage, 1998. p. 66-111.

DANIEL, G. P.; PEDUZZI, L. O. Q. Tycho Brahe e Kepler na escola: uma contribuição à inserção de dois artigos em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, p. 3601-1-3601-10, 2009.

FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A. F. P. Avaliando a inserção da temática natureza da ciência na disciplina de História e Filosofia da Ciência para graduandos em Física na UFRN. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. cap. 6, p. 155-209.

FIGUEIRÊDO E PAULA, H.; BORGES, A. T. A compreensão dos estudantes sobre o papel da imaginação na produção das ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.25, n.3, p. 478-506, dez. 2008.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. Enfrentando obstáculos na transposição didática da História da Ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. cap.5. p. 123-153.

FREIRE JR, O. A relevância da Filosofia e da História das Ciências para a formação dos professores de ciências In: SILVA FILHO, Waldomiro José da (Org). **Epistemologia e Ensino de Ciências**. Salvador: Editora Arcádia, 2002. p.13-30.

FREIRE Jr, O.; CARVALHO, M. P.; SERPA, L. F. A presença da História no Ensino de Ciências: Um estudo comparativo entre Brasil e Portugal (1960-1980). In CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TÉCNICA, 1, 2001, Évora – PT. **Actas...** Évora – PT, 2001.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 7-59, 2010.

GIL PÉREZ, D.; MONTOR, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 125-154, 2001.

GLENE, C. **Becoming qualitative researchers**: an introduction. Boston: Pearson, 2006. p. 162-183.

GOLAFSHANI, N. Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research. **The Qualitative Report**, v. 8, n. 4, p. 597-607, dez. 2003.

GORARD, S. Can we overcome the methodological schism? Four models for combining qualitative and quantitative evidence. **Research Papers in Education**, v.17, n. 4, p. 345-361, 2002.

GRADINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 16, n.1-4, p. 110-119, 1994.

GRECA, I. M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em Ensino de Ciências: algumas questões para refletir. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.2, n.1, p.73-82, jan-abr. 2002.

GRECA, I. M.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Análise descritiva e crítica dos trabalhos de pesquisa submetidos ao III ENPEC. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n.1, p. 60-65, jan-abr. 2002.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. B. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 224-248, ago. 2004.

HÖTTECKE, D., SILVA, C. C. O. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. **Science and Education**, 20, 293-316, 2011. DOI 10.1007/s11191-010-9285-4.

IRZIK, G.; NOLA, R. New Directions for Nature of Science Research. In: MATTHEWS, M. R. (Editor). **International Handbook of Research in Philosophy and Science Teaching**. . Netherlands: Springer, 2014. v. 2, Parte IX, p. 999-1022.

_____. A family resemblance Approach to the Nature Science for Science Education. **Science and Education**, 20 (5), 591-607, 2011. DOI 10.1007/s11191-010-9293-4.

KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. S. C. S. Tempo relativístico no início do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n.3, p. 373-386, jul-set. 2006.

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**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 36-70, abr. 2005.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em Ciências Humanas. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, n. 8, p. 916-929, 1999.

LICHTMAN, M. **Qualitative research in education: a user's guide**. Thousand Oaks: Sage, 2010. p. 163-182.

LONGHINI, M. D.; NARDI, R. Como age a pressão atmosférica? Algumas situações-problema tendo como base a História da Ciência e pesquisas na área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.26, n.1, p.7-23, abr. 2009.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, abr. 2007.

MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org). **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. Introdução.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Ensino de Física em uma escola pública: um estudo de caso etnográfico com um viés epistemológico. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p.147-181, 2012.

_____. 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**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.7-54, 2007.

MATTHEWS, M. In defense of modest goals when teaching about the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 35, n. 2, p. 161-174, 1998.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013. 224p.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia de pesquisa para o professor pesquisador**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008. 245p.

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**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 127-134, mar. 2007.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. O. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da Lei de Ampère, à luz da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n.3, p. 317-325, set. 2003.

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**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan. – jun. 2014.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. História da Ciência e Ensino de Física: Uma Análise Meta-Historiográfica. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRRN, 2012. cap.2. p. 41-64.

PEDUZZI, L.O. Q.; TENFEN, D. N.; CORDEIRO, M. D. Aspectos da Natureza da Ciência em animações potencialmente significativas sobre a História da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial 2, p. 758-786, out. 2012.

PEDUZZI, L. O. Q. Física e filosofia: uma aproximação através de um texto na disciplina Estrutura da Matéria. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 5-20, 2003.

PEDUZZI, L.O. Q.; PEDUZZI, S. S.; GRANDI, B. C. S.; HOFMANN, M. P. Caderno Catarinense de Ensino de Física: uma avaliação da sua influência no contexto educacional. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n.2, p. 85-119, ago. 1990.

PENA, F. L. A. Sobre a presença do Projeto *Harvard* no sistema educacional brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n.1, 1701-1701-4, mar. 2012.

_____. Características do conhecimento científico produzido em torno da temática História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física: um estudo preliminar com base em propostas e experiências didáticas publicadas na literatura especializada em Ensino de Física. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12, 2010, Águas de Lindóia, **Atas...**São Paulo: SBF, 2010.

_____. Uma nota histórica sobre os periódicos nacionais especializados em ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n.4, 4101 - 4101-2. dez. 2009.

_____. **Da pesquisa em ensino de física para a sala de aula: uma análise da experiência Brasileira**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia.

PENA, F. L. A.; FREIRE JR, O. Sobre a modernização do ensino de física no Brasil (1960-1979). In: **Anais** do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2003 (CD-ROM).

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. O uso didático da História da Ciência após a implantação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM): um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas (2000-2006). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 48-65, abr. 2009.

PEREIRA, G. J. S. A.; MARTINS, A. F. P. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura em física e em química da

UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1: p. 229-258, abr. 2011.

PRADO, F. D. Experiências Curriculares com História e Filosofia da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 6, número especial, p. 9-17, jun. 1989.

ROSA, K.; MARTINS, M. C. A inserção de História e Filosofia da Ciência no currículo de licenciatura em Física da Universidade Federal da Bahia: uma visão de professores universitários. **Revista Eletrônica Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.12, n.3, p.321-337, dez. 2007.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M. FREIRE JR, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions. **Science and Education**, 21(6), 771-796, 2012a. DOI 10.1007/s11191-009-9217-3.

_____. Uma Revisão Sistemática das Pesquisas Publicadas no Brasil sobre o Uso Didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012b. cap.1 p. 9-40.

TEIXEIRA, E. S.; DA SILVA NETO, C. P.; FREIRE JR, O.; GRECA, I. A construção de uma argumentação sobre a síntese newtoniana a partir de atividades em grupos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 61-95, 2010.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JR, O. Concepções de Estudantes de Física sobre a Natureza a Ciência e sua Transformação por uma Abordagem Contextual do Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 111-123, 2001.

TENFEN, D. N. **Mapas conceituais como ferramentas para a organização do conhecimento em uma disciplina sobre História da Física**. 2011. 206 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina.

VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. História da Ciência e Natureza da Ciência: Debates e Consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287-322, ago. 2013.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 225-257, ago. 2014.

Apêndices

Apêndice A

Tabela 1A: Estudos empíricos relatados nos artigos encontrados (sujeito(s) e objetivo/questão de pesquisa)

Artigo	Sujeito(s) e objetivo/questão de pesquisa
A	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciandos em física (disciplina História e Epistemologia da Física da UFRGS). - O objetivo da análise quantitativa foi verificar se houve evolução das concepções sobre a NdC de um grupo de estudantes, e se foi estatisticamente significativa, por influência das estratégias de ensino da disciplina de História e Epistemologia da Física.
B	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciandos e bacharelados em física (disciplina Fundamentos de Física I da Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS). - Esse trabalho se apoia na hipótese de que o ensino de ciências e, em particular, o de física pode tornar-se mais eficaz quando realizado numa abordagem contextualizada histórica e filosoficamente. Com o intuito de investigar esta hipótese, foi feita uma pesquisa de natureza quali-quantitativa com uma turma inicial do curso de física da UEFS, analisando-se as concepções prévias dos estudantes sobre a NdC e as mudanças em tais concepções produzidas por uma disciplina do curso que utiliza uma abordagem contextual para tratar da mecânica clássica, relatam os autores.
C	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciandos e bacharelados em física da disciplina Estrutura da Matéria I da UFSC. - Avaliação preliminar de um material instrucional, em termos de sua receptividade junto a estudantes que cursaram a disciplina Estrutura da Matéria I da UFSC no segundo semestre letivo de 2001.
D	<ul style="list-style-type: none"> - Estudantes da disciplina História e Epistemologia da Física, do currículo de licenciatura em física da UFRGS. - Os autores propõem, como desafios, identificar quais as concepções epistemológicas, quais as concepções sobre a NdC que um grupo de estudantes apresentava ao atingir a etapa final do curso de física, e tentar compreender as mudanças que a disciplina História e Epistemologia da Física conseguiu gerar, através da compreensão dos significados das ações e eventos de sala de aula da perspectiva dos estudantes.
E	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciandos das disciplinas de Prática de Ensino de Física da UNESP. - A pesquisa buscou compreender se uma experiência didática centrada na integração da HC no ensino, levando-se em conta as concepções e experiências didáticas de futuros professores, poderia contribuir para a aceitação de novas metodologias de ensino.
F	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciandos da disciplina Física Básica I do curso noturno de licenciatura em física da UFBA. - Na pesquisa buscou-se investigar a qualidade do discurso dos estudantes na construção de uma argumentação coletiva sobre a síntese newtoniana, bem como investigar a relação entre a qualidade dessa argumentação e o texto didático usado como referência em atividades em grupos que foram desenvolvidas em sala de aula de uma disciplina inicial do curso noturno de licenciatura em física da UFBA, que é informada por uma abordagem contextual de ensino.

G	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciandos e bacharelandos em física da disciplina Fundamentos de Física I da UEFS. - Esse trabalho apoiou-se na ideia de que o ensino de física, no que diz respeito às concepções sobre a NdC que estejam de acordo com as tendências contemporâneas da epistemologia, pode tornar-se mais eficaz quando realizado por meio de uma abordagem contextualizada histórica e filosoficamente. Com o intuito de investigar isto em um estudo de caso, foi feita uma pesquisa de natureza qualitativa com estudantes de uma disciplina inicial do curso de física da UEFS.
H	<ul style="list-style-type: none"> - Professor da disciplina HFC do curso de licenciatura em física da UFRN; e o professor da disciplina história da química do curso de licenciatura em química. - Esse trabalho teve o objetivo de analisar a estrutura curricular dos cursos de licenciatura em física e em química da UFRN no que se refere à inserção de disciplinas de conteúdo histórico e filosófico, isto é, como as licenciaturas em física e em química da UFRN têm proposto a inserção da HFC em seus currículos.
I	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciandos e bacharelandos em física (disciplina Evolução dos Conceitos da Física da UFSC). - Procurou-se desenvolver uma pesquisa que demonstrasse a recepção, por parte de estudantes da disciplina, de um módulo de ensino centrado em um texto e apresentação sobre a cosmologia moderna à luz da epistemologia lakatosiana. O objetivo da unidade foi abordar questões relativas à NdC para o desenvolvimento de uma imagem mais adequada da atividade científica.

Apêndice B

Tabela 1B: Estudos empíricos relatados nos artigos encontrados - método de pesquisa, procedimentos/instrumentos de coleta dos dados (incluindo o(s) critério(s) de validade e fidedignidade dos instrumentos de coleta), posição do(s) autor(es) do artigo na condução da pesquisa, procedimentos/instrumentos de análise dos dados e o(s) critério(s) de validade e/ou de fidedignidade dos resultados)

Artigo	- Método de pesquisa - Procedimento(s)/ Instrumento(s) de coleta - Posição do(s) autor(es) na condução da pesquisa	- Procedimento(s)/Instrumento(s) de Análise dos dados - Critério(s) de validade e/ou fidedignidade dos resultados
A	<ul style="list-style-type: none"> - Quantitativo - Questionário (Pré e pós-testes) validado por outros pesquisadores. - Um dos autores conduziu a disciplina e o outro coletou os dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise comparativa dos resultados da aplicação de instrumentos de pré e pós-testes (questionário com 25 perguntas/ afirmações sobre a NdC). - A fidedignidade foi estimada pelo coeficiente alfa de Crombach. Foi feito teste piloto e uso do coeficiente de correlação de Pearson e feito teste de hipótese nula e teste não paramétrico de associação qui-quadrado. Usa como critério de validade a corroboração dos resultados obtidos com o questionário e observações, bem como com a análise qualitativa.
B	<ul style="list-style-type: none"> - Quali-quantitativo - Questionário VNOS-C (Views of Nature of Science – modelo C), elaborado e validado por Norman Lederman e colaboradores, em pré e pós-testes. - Um dos autores conduziu a pesquisa e a coleta de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conforme os autores, a partir da análise dos questionários, foram estabelecidas algumas categorias de classificação das respostas para cada questão. Em seguida, foi feita uma análise quantitativa de dessas categorias, que serviu de base para a análise qualitativa. Foi feita também uma análise das transformações sofridas pelas concepções dos estudantes acerca da NdC, após terem cursado uma disciplina contextualmente informada, bem como da relação dessa mudança com a própria disciplina. - Os dados brutos e as análises foram submetidos a uma apreciação crítica de pesquisadores que não estiveram diretamente envolvidos em sua produção, ou seja, o trabalho usa como critério de fidedignidade a análise independente feita pelos pesquisadores.
C	<ul style="list-style-type: none"> - Qualitativo - Respostas dos estudantes a um questionário escrito (o autor não informa se o questionário foi previamente validado). - O autor do artigo conduziu a disciplina e a coleta dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise interpretativa das respostas dos estudantes a um questionário escrito, no qual eles se posicionaram, primeiro quanto ao grau de dificuldade encontrado em relação a cada uma das seções do texto e, logo em seguida, quanto à clareza na abordagem dos conteúdos e estruturação de ideias, analisando-o criticamente. - Usa como critério de validade a corroboração dos resultados obtidos com as respostas dos estudantes ao questionário (escrito) com as observações do professor (autor do artigo) em

	sala de aula.	
D	<ul style="list-style-type: none"> - Etnográfico - Observação e documentos (mapas conceituais e produções escritas). Os autores não informam se os instrumentos de coleta de dados foram previamente validados. - Um dos autores conduziu a disciplina e o outro coletou os dados como observador e participante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise qualitativa dos dados de campo (anotações de campo) obtidos na observação do contexto de sala de aula, do professor e dos estudantes, bem como dos trabalhos elaborados pelos estudantes em sala de aula (apresentações orais e trabalhos escritos). - Usa como critério de fidedignidade o consenso dos autores quanto aos resultados, e critério de validade a imersão dos estudantes na instituição e nas atividades de pesquisa, visto que eram veteranos do curso.
E	<ul style="list-style-type: none"> - Qualitativo - Observação, Entrevista de grupo focal e questionário VOSTS (<i>Views on Science-Technology-Society</i>), elaborado e validado por Aikenhead e Ryan, 1992. - Os autores conduziram a disciplina e coletaram os dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise interpretativa dos dados predominantemente descritivos, incluindo transcrições de entrevistas, depoimentos, notas de campo, fotografias, descrições de pessoas e situações etc. Nesse sentido, a preocupação era analisar os processos vivenciados e não apenas os produtos. - Usa como critério de fidedignidade o consenso dos autores quanto aos resultados, e de validade a corroboração dos resultados obtidos com entrevista do tipo grupo focal, questionário, depoimentos, notas de campo, fotografias, descrições de pessoas e situações.
F	<ul style="list-style-type: none"> - Qualitativo - Observação; uso de áudio e video-gravação das atividades realizadas em sala de aula; uso de mapas de aula para caracterização das atividades e identificação dos episódios que foram submetidos à análise. - Um dos autores conduziu a disciplina, e os outros dois coletaram os dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Os episódios de ensino foram analisados através da estrutura de argumentação de Toulmin. Esses episódios foram extraídos das transcrições das discussões em grupos e entre os grupos. - Como critério de fidedignidade das análises foi feita uma estratégia de triangulação. Em primeiro momento os dados, após serem transformados e identificados os episódios de ensino, foram analisados por dois dos autores individualmente e, em seguida, coletivamente, com a participação também de um terceiro autor. As poucas divergências que ocorreram foram dirimidas por consenso neste momento. Por fim, os resultados analisados foram submetidos à apreciação de outro autor do trabalho. A validação dos resultados foi feita a partir da análise das discussões em grupos e entre grupos.
G	<ul style="list-style-type: none"> - Qualitativo - Aplicação do questionário VNOS-C (<i>Views of Nature of Science, Form C</i>), elaborado e validado por Norman Lederman e colaboradores, em pré e pós-testes, bem como o uso de entrevistas. - Um dos autores conduziu a 	<ul style="list-style-type: none"> - Análise interpretativa das respostas ao questionário de pós e pré-testes e do conteúdo das entrevistas. Foi feita uma análise geral da turma como um todo e uma análise individual que traça um perfil do desempenho de cada estudante em termos das mudanças nas suas concepções sobre a NdC. - Usa como critério de fidedignidade a análise independente feita pelos três autores.

	disciplina e a coleta de dados.	
H	<ul style="list-style-type: none"> - Qualitativo - Análise documental, entrevista e observação/diário de campo. Os instrumentos de coleta foram previamente validados (observação das aulas de uma das disciplinas do semestre anterior à tomada efetiva dos dados, e entrevista realizada com outro professor da universidade, da área de história da matemática). - O professor da disciplina conduziu o curso e um dos autores do artigo coletou os dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procurou-se apresentar as principais diferenças e semelhanças entre dois cursos de conteúdo histórico-filosófico a partir dos dados coletados segundo os seguintes eixos de análise: perfil do professor-formador; inserção da HFC na estrutura curricular em questão; enfoque teórico e metodológico da disciplina; relação teoria-prática (HFC e o ensino de ciências). - Usa como critério de validade a corroboração dos resultados obtidos com a análise documental, entrevista com o professor e observações das aulas de cada disciplina.
I	<ul style="list-style-type: none"> - Qualitativo - Questionário, entrevista e observação. As perguntas do questionário foram validadas por uma amostra de estudantes que cursaram a disciplina em semestres anteriores. Os autores mencionam que a pesquisa por eles realizada possibilita uma compressão adequada do evento particular analisado, mas que pode apresentar limitações em contextos mais universais. - Um dos autores conduziu a unidade de ensino. 	<ul style="list-style-type: none"> - A avaliação, por parte dos estudantes participantes, do texto implementado na unidade de ensino, foi realizada por meio de questionário e entrevista, e analisada segundo a teoria de Bob Gowin (referencial educacional) e a epistemologia de Lakatos (referencial epistemológico). - Usa como critério de validade dos resultados a corroboração dos resultados obtidos com as respostas dos estudantes ao questionário escrito e à entrevista semiestruturada, realizada com os estudantes participantes da pesquisa.

Apêndice C

Tabela 2: Visão sobre a NdC que orienta os estudos empíricos com foco no uso da HFC em disciplinas da graduação em física no Brasil, relatados nos artigos encontrados

Artigo	Visão sobre a NdC que orienta o estudo empírico.
A	O objetivo do questionário foi avaliar o grau de adequação das concepções dos estudantes com relação às concepções aceitas pela epistemologia contemporânea que, segundo os autores, apresenta um conjunto de características de razoável concordância, quais sejam: O conhecimento científico tem natureza imaginativa, criativa, conjectural, hipotética e tentativa; A concepção empírico-indutivista está superada; A teoria precede a observação (observação, por si só, não é fonte de conhecimento); A ciência não é socialmente neutra e descontextualizada, mas é sim um processo cooperativo; Conjuntos de conceitos e teorias evoluem (não são imutáveis), etc.
B	Na pesquisa procura-se discutir as seguintes questões: O que é ciência? O que torna a ciência (ou uma disciplina científica como a física, a biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo, religião, filosofia)? O que é um experimento? O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos? (Questão que associada à segunda refere-se ao papel do experimento na produção científica, trazendo à tona concepções sobre os vários métodos de investigação); utiliza-se o exemplo do átomo de Bohr para averiguar a compreensão dos estudantes acerca da relação entre modelo e realidade; avalia as concepções acerca de teorias e leis científicas e das diferenças existentes entre elas (Há uma diferença entre uma teoria científica e uma lei científica?) Visão sobre a natureza tentativa das teorias científicas, que estão sujeitas a transformações e até derrocadas, seja como partes de um mesmo sistema paradigmático ou competindo com outros paradigmas, apoiados em pressupostos e concepções diferentes; Avalia a visão acerca do papel da inferência, subjetividade e criação de modelos nas tentativas da ciência de representar a realidade; Avalia o papel da criatividade e da imaginação no processo de produção do conhecimento científico; Averigua-se a visão sobre a questão das disputas entre teorias; Avalia o pensamento acerca da existência ou não de algum tipo de impacto de valores sociais e culturais sobre a ciência.
C	Desde a introdução, uma das preocupações do texto é a de minimizar a concepção empirista-indutivista da ciência, usualmente disseminada entre estudantes de qualquer nível de estudo.
D	Os autores assinalam que o processo de construção do conhecimento científico é uma sequência de “conjecturas” (construção de hipóteses) e “refutações” (tentativas de falsear as hipóteses através de testes empíricos); O conhecimento científico é expresso como uma construção do homem, passível de correção, corrigível, que pode ter contribuições metafísicas; as teorias científicas são, por consequência, hipóteses explicativas que orientam a observação. Percepções neutras, desprovidas de teoria e acumulação de conhecimento são ideias equivocadas sobre o fazer científico; explicação da realidade através da construção de hipóteses; contribuição da criatividade e imaginação do cientista; modelagem da natureza; leis e teorias provisórias, atividade tentativa e cooperativa, transformação evolutiva de conceitos, empirismo e indutivismo estão superados, teoria antecede a observação.
E	Os autores, para a definição de Ciência, relacionam o aspecto social; admitem a importância da uniformidade do conhecimento científico (sua independência de fatores tais como a intervenção de divindades); a visão epistemológica do conhecimento científico (criação da mente humana); o efeito do gênero nas carreiras científicas - a influência de valores na produção científica (admite a

	influência das subculturas); modelos científicos como invenções humanas; não há um método científico rígido; a importância do consenso na ciência; produção do conhecimento: visão contemporânea da ciência como reconstrução.
F	Conforme os autores, as razões epistemológicas para o uso da argumentação na educação científica advêm da noção de que a ciência progride muito mais em função da existência de conflitos do que de um acordo geral e a argumentação tem um papel fundamental em tais conflitos através das explicações e interpretações fornecidas pelos cientistas, além dos processos de validação e tomadas de decisão pelos mesmos; Percebeu-se também a possibilidade dos benefícios das atividades em propiciar uma reflexão sobre a ciência, aproximando a visão de parte dos estudantes às concepções pós-positivistas (a ciência é vista como tendo natureza conjectural, sem certezas nem provas irrefutáveis e construída a partir do trabalho coletivo e não de um único “gênio”).
G	Assume-se que é possível propor um número de características atualmente pouco ou não controversas sobre a NdC em acordo com uma visão pós-positivista da ciência: dependência teórica da observação ou discordar da ideia de que haveria um método científico único (assim, podendo tanto estabelecer quais objetivos assumir ao ensinar professores e estudantes sobre a NdC, como avaliar o grau de adequação e a evolução de suas concepções epistemológicas); o conhecimento científico pode ser considerado como de natureza tentativa; empiricamente embasado; subjetivo; parcialmente embasado em inferências, imaginação e criatividade humanas; social e culturalmente situado; o que vem a ser a ciência; sua relação com experimentos; a relação entre modelo e realidade; a influência de fatores socioculturais sobre a prática científica. Os autores do artigo acrescentam ainda dois aspectos: as distinções entre observação e inferência, e entre as funções de teorias e leis.
H	Não apresenta de forma explícita a visão sobre a NdC que orienta a pesquisa.
I	Aborda-se a epistemologia de Lakatos como referencial epistemológico da pesquisa.

Apêndice D

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, Fábio Luís Alves Pena, pretendo realizar uma pesquisa acadêmica que visa acompanhar a trajetória dos estudantes da disciplina Evolução dos Conceitos da Física da UFSC, semestre 2012.1, no que se refere às suas concepções sobre a natureza da ciência, assim como investigar quais elementos da referida disciplina contribuem para a evolução de tais concepções.

A pesquisa envolverá a gravação em áudio e/ou vídeo das aulas da disciplina em questão, nas quais algumas "falas" serão gravadas e transcritas para análise, com vistas a investigar a transformação/evolução das concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência. A pesquisa ainda envolverá entrevistas semiestruturadas com os estudantes e com o professor, bem como o acesso às atividades realizadas pelos estudantes no ambiente virtual de aprendizagem da mencionada disciplina, com a devida autorização do professor.

Apenas o pesquisador responsável e um pesquisador colaborador terão acesso ao conteúdo filmado e os arquivos serão de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos estudantes, nem divulgados, em hipótese alguma, para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão publicados em encontros científicos e revista especializada contendo, eventualmente, citações anônimas e utilizando nomes fictícios (pseudônimos) para os estudantes, que terão, assim, sua identidade preservada, e estarão disponíveis a todos, ao final do estudo. Além disso, a participação dos estudantes na pesquisa não envolverá qualquer despesa para os mesmos. Os dados coletados serão usados somente para a pesquisa mencionada acima.

A participação dos estudantes na pesquisa é de caráter livre e voluntário, não havendo nenhum tipo de obrigatoriedade para participar e nenhum tipo de penalidade para quem não participe e os estudantes não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns, além do que não se fará qualquer vinculação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos respondentes. Além do mais, aqueles que consentirem participar podem, em qualquer fase da pesquisa, retirar seu consentimento sem nenhuma penalidade. As pesquisas em educação pretendem auxiliar os pesquisadores e educadores a compreenderem melhor os processos educativos dos estudantes, visando sempre seu aperfeiçoamento.

Se você concorda em participar, por favor, forneça seu nome e assine este termo no campo indicado abaixo. Isso será considerado prova de sua concordância. Por favor, forneça também seu endereço eletrônico e telefone para contatos posteriores. Este termo constará de duas vias, uma que ficará de posse do pesquisador e outra de posse do participante.

Agradeço a atenção e estou à disposição para maiores esclarecimentos que julgue necessário sobre a metodologia.

Florianópolis, 05 de março de 2012.

Atenciosamente,

Fábio Luís Alves Pena (Professor do Instituto Federal da Bahia, Campus Simões

Filho)

Nome do participante: _____

Endereço eletrônico: _____

Telefone: _____

Assinatura: _____

Pseudônimo: _____

Assinatura do responsável pela pesquisa: _____

Fábio Luís Alves Pena

Telefones: (71) 30332599/88324160; e-mail: fb.pena@gmail.com

Apêndice E

Tabela 3: Dados pessoais e acadêmicos dos estudantes inscritos na disciplina ECF da UFSC (semestre 2012.1)

Estudante	Sexo	Idade	Carreira Seguida	Semestre Cursado	Bolsa de iniciação científica e/ou emprego?	Frequência nas aulas da disciplina ECF (horas-aula)
E1	F	22	Licenciatura	8º	Possuía bolsa (Física experimental, área Matéria Condensada) e trabalhava como monitora numa entidade privada realizando atividades como oficinas e mostras para o público em geral, principalmente em escolas.	60 de 64
E2	M	_____	Licenciatura	____	Bolsa? Trabalhava.	58 de 64
E3	F	20	Bacharelado	7º	Possuía bolsa na área de nano partículas. Não trabalhava.	54 de 64
E4	F	28	Licenciatura	6º	Bolsista do Núcleo de pesquisa e avaliação sobre Educação à Distância (Nupa – EaD) – Física e Matemática. Trabalhava.	62 de 64
E5	M	_____	Licenciatura	____	Bolsa? Trabalhava.	58 de 64
E6	F	_____	Bacharelado	____	Bolsa? Trabalhava?	54 de 64

E7	M	29	Licenciatura	Não informou	Não possuía bolsa e não trabalhava.	56 de 64
E8	M	_____	Licenciatura	_____	Bolsa? Trabalhava.	54 de 64
E9	M	24	Licenciatura	Não informou	Possuía bolsa (Engenharia Mecânica – caracterização de materiais) e trabalhava.	60 de 64
E10	F	21	Bacharelado	8º	Possuía bolsa (Física Nuclear – estudando estrelas de nêutrons). Não trabalhava.	60 de 64
E11	F	21	Bacharelado	7º	Possuía bolsa (Física da Matéria Condensada). Não trabalhava.	56 de 64
E12	F	23	Bacharelado	Penúltimo	Ex-bolsista na área de Mecânica Estatística e trabalhava.	52 de 64
E13	F	21	Bacharelado	Não informou	Possuía duas bolsas (Astronomia e Cristais Líquidos). Não trabalhava.	50 de 64
E14	M	_____	Licenciatura	_____	Bolsa? Trabalhava.	62 de 64
E15	M	21	Bacharelado	7º	Possuía bolsa na área de Estrelas de Nêutrons. Não trabalhava.	62 de 64
E16	M	22	Licenciatura	_____	Não possuía bolsa. Trabalhava (professor de Física).	62 de 64

E17	M	_____	Bacharelado	____	Bolsa? Trabalhava?	50 de 64
E18	M	_____	Licenciatura	____	Bolsa? Trabalhava.	60 de 64
E19	M	_____	Bacharelado	____	Bolsa? Trabalhava?	46 de 64

Apêndice F

Mapa de episódio 08

Aula/Data	Atividade(s) didática(s) desenvolvida(s)	Material(is) de apoio	Enfoque metodológico	Conteúdo trabalhado/ Episódio histórico
08/29-03-12	Discussão do capítulo 6 do livro de textos intitulado Força e Movimento: De Thales a Galileu (atividade em grupo)	Textos	Exposição dialógica/ Participativa a partir de leitura pré-selecionada	Repousa sobre HC/A física de Galileu (capítulo 6)
Duração 20h: 20min – 22h: 00min		Contexto de ensino (observações gerais)		

- Nessa aula também utilizei uma câmera e um gravador de áudio, além do diário de campo.
- 17 Estudantes presentes. Faltaram E12 e E19.
- Na aula o professor propôs uma aula diferente das anteriores. Os estudantes, divididos em dois grupos, deveriam estruturar uma aula para o Ensino Médio, ou para o Ensino Superior, sobre o Galileu em termos de pontos que seriam abordados, passando necessariamente pelo conteúdo do capítulo 6, e explicar o porquê de tal estruturação. Uma espécie de competição entre os dois grupos (“quem tem a melhor argumentação?”) Os estudantes deveriam supor que se tratava de um professor iniciante (com muita boa vontade e com leitura sobre o assunto) que estaria com dúvida sobre como apresentar o Galileu na sala de aula. Eles teriam que convencê-lo sobre a melhor maneira de falar sobre Galileu em sala de aula, assim como mostrá-lo porque é importante abordar Galileu.
- O professor confidenciou-me que tal atividade tinha o objetivo de saber se os estudantes tinham preocupações com questões epistemológicas.
- O professor simplesmente dividiu a sala em dois grupos: “metade para cá, metade para lá”.
- Um grupo (grupo 1) era composto por E1, E3, E4, E5, E6, E8, E9, E10, E14 e E16. O outro grupo (grupo 2) era composto por E2, E7, E11, E13, E15, E17 e E18.
- O grupo 1 ficou dentro da área de cobertura da câmera e o grupo 2, fora.
- E2 chegou após a divisão ter sido feita, sendo deslocado pelo professor para o grupo com menor número de componentes (grupo 2).
- E13 organizou os pontos que seriam abordados pelo grupo 2. E1 e E5 fizeram o mesmo para o grupo 1.
- O grupo 2 discutiu de maneira silenciosa os pontos a serem abordados a partir da leitura do capítulo 6. Seus integrantes pareciam não querer que o outro grupo ouvisse o que estavam debatendo.
- Os dois grupos pareciam bem comprometidos com a atividade proposta. As discussões ocorreram com bastante intensidade e de modo coletivo.
- Quase todos os integrantes, de cada grupo, opinaram durante a elaboração dos pontos.
- Na realização de tarefas em grupo os estudantes demonstraram entrosamento e objetividade na execução das tarefas.
- A interação/integração entre os estudantes do grupo 1 parecia maior que a do grupo 2.
- A atividade proposta pelo professor fomentou a discussão em cada grupo e parece que cumpriu o objetivo por ele almejado.

- Os dois grupos tiveram um bom intervalo de tempo (cerca de 40min) para delinear os pontos que seriam abordados com base no capítulo 6. Durante esse interstício, o professor ora passeava entre os grupos, observando, debatendo ou tirando dúvidas, ora consultava seu material didático (livro de textos e lista de presença).
- Tendo em vista que os pontos foram elaborados por cada grupo, subentende-se que representava a posição, ou pelo menos da maioria, dos integrantes de cada grupo.
- As discussões em cada grupo foram encerradas por volta das 21h10min.
- Após finalizar as discussões em cada grupo, o professor surpreendeu os estudantes ao ler um texto acerca da lendária experiência da torre de Pisa.
- Após a leitura do texto, o professor iniciou a discussão dizendo que um professor se interessou em levar Galileu para a sala de aula a partir do referido texto, e perguntou aos estudantes se eles queriam convencê-lo ao contrário ou ele estava certo?
- Isso deu origem a um debate sobre o acontecimento ou não da experiência da torre de Pisa; o surgimento da ciência experimental e sobre como discutir o texto em questão numa sala de aula, em especial, sobre a lendária experiência da torre de Pisa.
- E13 apresentou os pontos que seriam abordados pelo grupo 2 numa aula sobre Galileu. E5 e E1 (grupo 1), nessa ordem, fizeram o mesmo.
- Mais comentários e posicionamentos decorrentes do texto acerca da lendária experiência da torre de Pisa e, depois sobre o papel da experimentação na física de Galileu.
- O professor pediu para aos estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos no capítulo 6, ou melhor, pediu para os estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi colocado.
- Por último, o professor sugeriu a leitura do artigo intitulado “Galileu – um cientista e várias versões, do professor Arden Zylbersztajn”. Os estudantes mostraram-se bem interessados em ler o artigo.

Pontos enumerados pelo grupo 2	Pontos abordados pelo grupo 1
<p>E13: 1- Por que ele é importante para a física? (pai da experimentação).</p> <p>2- Contexto histórico, pensamento filosófico da época (de Thales ao século XVI, ênfase em Aristóteles).</p> <p>3- Adere à força impressa em contrapartida ao pensamento aristotélico (analogia do fogo; influência de Arquimedes, empuxo).</p> <p>4- Torre de Pisa: equações que relacionam velocidade e densidade.</p> <p>5- Experimentos e suas consequências: plano inclinado, plano horizontal e movimento oblíquo (interesse apenas na cinemática, esboço do princípio da inércia, velocidade não infinita no vácuo, relação distância proporcional ao tempo ao quadrado, velocidade proporcional ao tempo.).</p> <p>6- Contribuições (principalmente para a Astronomia).</p>	<p>E5: (...) <i>nós poderíamos colocar o Galileu contextualizado... e mostrar que a ciência não é uma coisa linear mas que acontece através de erros e acertos etc... e a partir da história de Galileu... como ele se interessou pela Astronomia e pelo movimento... daria para descrever toda a Física que é vista... por exemplo... no Ensino Médio... daria para a partir dele falar de Astronomia... falar de Óptica... falar da Cinemática... da Dinâmica... e depois falar do Eletromagnetismo... que são as cargas em movimento... e depois falar então de Fluidos e da Termodinâmica... do início de Galileu...você poderia fazer toda a Física ... unificar as coisas... ele poderia ser o marco central e a partir daí... dele a gente elencar a Física (...)</i></p> <p>E1 sintetizou o capítulo 6 nos seguintes tópicos: os pressupostos da física aristotélica; Galileu superou um pouco mais que os outros a física aristotélica; se preocupou com o movimento dos corpos celestes (construiu a cinemática), explicar os fenômenos em si sem se preocupar com a causa; introduziu uma ciência que seria mais quantitativa; ele não inventou o telescópio, mas foi um dos primeiros a apontar para o céu; se preocupou tanto com o movimento dos objetos da terra quanto dos corpos celestes; relatividade do peso (contrapondo ao conceito que era absoluto em Aristóteles); traz</p>

bastante coisa que já foi estudado (força impressa, por exemplo); velocidade proporcional com os pesos específicos; buscando a simplicidade da ciência (plano inclinado, aceleração constante); pai da ciência experimental; movimento neutro; a experiência da torre; composição do movimento, pedra jogada do barco (...)

Momento da aula/Intervalo de tempo decorrido na gravação (vídeo)	Estudante	Participação do estudante: Perguntas, opiniões, posicionamentos e comentários referentes à sua visão sobre a NdC.
Contexto - Comentários e posicionamentos após o professor realizar a leitura do texto acerca da lendária experiência da torre de Pisa.		
00:59:45-01:00:25	E14	<i>(...) o senhor imagina... o senhor se imagina... se o senhor fosse professor da universidade e que nessa universidade... todo conhecimento científico que até então... o senhor estava consciente do que estava acontecendo... existem conhecimentos bem definidos... que até então são incontestáveis... o senhor... aceitaria um convite de um louco que tentaria mudar todo este conhecimento que o senhor... já está bem... bem estabelecido com o senhor... o senhor aceitaria o convite de um louco para ir lá no alto da torre... e ver fazer um experimento... tentar... será que não... será que o senhor aceitaria... mas o senhor concorda com tudo isso que está escrito neste livro... é isso (...)</i>
01:02:17-01:02:18	E17	<i>(...) tem uma base teórica (...)</i> - Depois que o professor pergunta se a ciência experimental nasce do nada.
01:02:19-01:02:20	E1	<i>(...) tem uma parte teórica... mas para ser ciência experimental... tem que tentar (...)</i>
01:02:58-01:03:04	E8	<i>(...) um outro texto em que... esteja em voga o que a comunidade científica aceita como correto naquele momento (...)</i>
01:03:47-01:03:51	E1	<i>(...) a questão para mim é que a experiência... é uma lenda (...)</i>
01:04:24-01:04:25	E7	<i>(...) sem contar que parece que foi de um dia para o outro(...)</i>
01:04:38-01:04:47	E3	<i>(...) mas é importante levar este texto..., mas não sem apresentar a teoria... apresentar o que o Galileu estava fazendo porque se não vai parecer que foi do dia para o outro(...)</i>
01:06:25-01:06:26	E2	<i>(...) eu acho que... uma coisa... ela não surge do nada (...)</i>
01:08:05-01:08:06	E10	<i>(...) ele já tinha uma ideia (...)</i>
01:08:44-01:08:46	E18	<i>(...) e aí começar a abrir como é que foi a ideia de Galileu (...)</i>

01:09:07- 01:09:13	E18	<i>(...) e ele veio com essa ideia do nada... vocês teriam ideia do dia para noite e iriam convocar todo mundo para mostrar (...)</i>
01:09:16- 01:09:33	E18	<i>(...) ele com certeza passou por muitas provocações... ele fez vários testes... fez vários experimentos... tem toda uma teoria bolada... a gente poderia daí mostrar... qual o potencial intuitivo... por que a gente não fala no texto... qual que era a teoria que tinha na época... por que ela era tão bem aceita... onde é que estava a diferença dela para teoria de Galileu (...)</i>
01:10:06- 01:10:42	E18	<i>(...) se ele fosse fazer um experimento diferente... ele poderia quebrar a cara... ele não fez... mas será que o Galileu não faria diferente... você como um físico experimental... você tentaria provar uma teoria completamente... então será que este experimento tem realmente alguma realidade... ele ia chamar todo mundo para ver um pouquinho... não ia apresentar nenhuma teoria... o interessante... eu acho isso... trabalhar toda essa evolução do conceito dele... e também na parte que também tinha um erro... ia mostrar... teve uma parte que ele está correto... foi uma evolução... mas ele também não foi o ápice... ele não foi o ponto que a gente chegou e realmente montou outra teoria (...)</i>
01:10:50- 01:11:03	E2	<i>(...) a questão também da física experimental... eu acho que é importante ressaltar que... ele para de investigar a causa dos movimentos... para investigar o movimento... em si... então tu para fazer isso você tem que analisar com equipamento... com alguma coisa (...)</i>
01:11:48- 01:11:53	E4	<i>(...) genial a ideia também... é genial(...)</i> Aqui a estudante se referiu ao dispositivo utilizado por Galileu para as medições dos tempos no experimento do plano inclinado.
01:12:05- 01:12:20	E3	<i>(...) você chegar só com este texto sem teoria nenhuma... você simplesmente mostra e diz que é verdade... isso você não pode fazer... você teria que mostrar... dar uma teoria... e dizer o que está por trás do Galileu... você pode chamar ele de pai da experimentação... não só com base... só com este texto (...)</i>
01:15:16- 01:15:18	E2	<i>(...) se ele fez o experimento tinha alguma coisa em mente (...)</i>
01:17:54- 01:17:56	E10	<i>(...) tem que pensar a natureza sempre da forma mais simples (...)</i>
01:24:07- 01:24:08	E17	<i>(...) não se sabe se não é verdade com certeza também (...)</i>
01:24:09- 01:24:12	E1	<i>(...) com certeza absoluta não... mas tem bastante evidências (...)</i>
01:24:26- 01:24:39	E17	<i>(...) o cara fez um pensamento lógico ali... lógico... ele fez uma estrutura lógica... e chegou a uma conclusão..., mas por outro lado é um aluno do Galileu... por que então ele também... ficaria inventando... cara (...)</i>

01:24:40- 01:24:49	E1	<i>(...) mas como só ele faz menção... o próprio Galileu não faz menção... a essa experiência... então para mim é muito duvidoso (...)</i> E17 (acima) e E1 referiam-se ao relato de Viviani.
01:25:19- 01:25:21	E7	<i>(...) eu acho que ele dá validade a teoria dele (...)</i> - Resposta dada ao professor para a pergunta: qual o papel da experimentação na física do Galileu?
- Comentários e posicionamentos em resposta a seguinte colocação do professor: Galileu parte do experimento e a partir daí, do nada, chega a alguma coisa, ou usa o experimento para corroborar?		
01:25:45- 01:25:53	E8	<i>(...) eu acho que em momentos ele observou a natureza acontecendo e tentou formular... e em momentos ele pensou em alguma coisa e tentou experimentar (...)</i>
01:26:55- 01:26:59	E8	<i>(...) ele tentou corroborar porque percebeu que acontecia na natureza (...)</i>
01:27:08- 01:27:11	E8	<i>(...) a pergunta do senhor era se ele partia da experiência ou se ele partia do pensamento(...)</i>
01:27:16- 01:27:18	E13	<i>(...) ninguém parte do experimento do nada... assim (...)</i>
01:27:27- 01:27:30	E11	<i>(...) uma coisa é visualizar... outra coisa é fazer o experimento(...)</i>
01:27:50- 01:27:52	E13	<i>(...) foi um experimento... que não foi intencional (...)</i> Posicionamento de E13 a E3 se referir à descoberta de Oersted.
01:27:54- 01:27:56	E3	<i>(...) utilizou o experimento para corroborar... pronto... todo mundo concorda (...)</i>
01:28:09- 01:28:20	E7	<i>(...) é fundamental se ele fez também... que aí ele quebra... ele faz a diferenciação entre Física e Filosofia mesmo... neste ponto ele começa a experimentar... partir de uma ideia... botar em prática para mostrar alguma coisa (...)</i>

Segunda parte da gravação (continuação)

- Aqui o professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi colocado.

00:05:16- 00:05:18	E11	<i>(...) você tem que contextualizar o texto (...)</i>
00:05:26- 00:05:39	E17	<i>(...) a contextualização filosófica que é importante... citar Aristóteles e o conceito todo... dele... foi de grande importância para a evolução mesmo do trabalho dele (...)</i>
00:06:05- 00:06:26	E17	<i>(...) falar de todos os experimentos de maneira geral assim... como ele trabalhou... o que ele usou... que foi um método assim interessante de medida... falar também do erro de medida que estava associado também ao método dele... depois as implicações ideias devido a experimentação (...)</i>

00:06:45- 00:06:50	E10	(...) simplicidade... a explicação mais simples da natureza (...)
00:07:18- 00:07:22	E11	(...) deixar claro que nada surgiu do nada... ele demorou a vida inteira (...)
00:07:24- 00:07:27	E7	(...) e trabalhou em várias áreas não só em uma área ... não só em uma área específica(...)
00:07:32- 00:07:35	E17	(...) que ele se transforma com o tempo... que ele adquire(...)
00:07:39- 00:07:40	E5	(...) que ele é falível (...)
00:08:15- 00:08:18	E18	(...) o senhor estava falando que a natureza não devia ser muito complexa não é (...) - O professor disse que não era muito complexa para o Galileu.
00:09:30- 00:09:34	E18	(...) A gente sabe... a gente cria modelos para tentar explicar o que o que está acontecendo (...)
00:09:36- 00:09:39	E4	(...) por que é que eu tenho que fazer isso... porque ela é complexa... não porque ela é simples... ela não sabe criar modelos (...)
00:10:22- 00:10:42	E17	(...) o que ajudou ele desenvolver foi a observação objetiva da realidade... então no fundo... essa parte pragmática da realidade... essa objetividade da realidade... que vai dar a última palavra na decisão de um corpo teórico (...)
00:10:46- 00:10:48	E8	(...) dá para dizer que ele foi o pai do método científico também (...)
00:12:35- 00:12:49	E10	(...) apesar dele usar muitas ideias dos outros... ele não era muito influenciado pelas ideias que estavam estruturadas... ele tinha a capacidade de olhar criticamente para uma coisa que estava estabelecida ... e pensar de outra forma (...)

Momento da aula/Intervalo de tempo decorrido na gravação (vídeo)	Visão sobre a NdC defendida/problematizada pelo professor	Contexto
01:00:31 01:00:34	– (...) o aparecimento da ciência exata... só com experiências para se fazer isso (...)	
01:02:09- 01:02:16	(...) mas para ser ciência experimental não tem que ser... por experimentos ou ela nasce do nada... só da ficção... da Filosofia? (...)	- Questão frente a discussão sobre a lendária experiência da torre de Pisa.
01:08:10- 01:08:13	(...) então as coisas não saem do nada... não aparecem de uma hora para outra (...)	
01:14:52-	(...) aonde surgiu a ideia do plano	

- 01:15:07 *inclinado... teve a ideia... foi original o plano inclinado... mas nasceu do nada... nasceu do nada... foi tudo ideia dele ali... não? (...)*
- 01:16:54-01:17:17 *(...) mas isso aí já tinha sido... objeto de estudo... por outros matemáticos... algum tempo atrás... o Galileu retoma... as pessoas fazem uso do conhecimento de outras... claro... não tem que reconstruir tudo... a partir do zero... construir tudo a partir do zero (...)*
- 01:18:17-01:18:19 *(...) e aí tem uma intuição correta... não é (...)*
- 01:19:30-01:19:51 *(...) parece que tu dás bem uma aula... está bem contextualizado... fala que ele não está sozinho... muda de... pensamento com o tempo... tem um deslocamento... a pessoa não pensa sempre do mesmo jeito... tem diferentes concepções... evoluem... ainda bem (...)*
- 01:25:04-01:25:07 *(...) qual o papel da experimentação na física do Galileu? (...)*
- 01:26:47-01:26:53 *(...) para tentar corroborar com uma ideia já pensada... a simplicidade da queda livre (...)*
- 01:27:20-01:27:22 *(...) ninguém parte do experimento do nada (...)*
- 01:27:08-01:27:11 *(...) tem a experimentação... tem a matematização... isso tudo difere muito do conhecimento que... está lá para trás (...)*
- O professor referiu-se ao teorema da velocidade média como chave na caminhada do Galileu, na ideia do plano inclinado.
- Comentários sobre os pontos que seriam abordados pelo grupo 2 numa aula sobre o Galileu.
- O professor fez essa pergunta após o embate entre E1 e E17 sobre a veracidade do relato de Viviani acerca das experiências realizadas na Torre de Pisa.
- Aqui o professor termina respondendo uma indagação levantada por ele: Por que o Galileu usou o plano inclinado... o que está por trás do plano inclinado?
- Em consonância a frase dita por E13.
- Sobre o posicionamento de E7 no que diz respeito à física de Galileu e a Filosofia.

Segunda parte da gravação (continuação)

- 00:01:10-00:01:17 *(...) e ali a gente vê que ele adere a teoria do impetus... que depois tem influência do Arquimedes sobre ele... então essas coisas vão se dando ao longo do tempo(...)*
- 00:06:53-00:07:04 *(...) seria um pressuposto... porque eu vou achar que a natureza se comporta da forma mais complexa se... aí nem vou estudar... nem vou desenvolver meu*
- Resposta dada pelo professor à E7 quando o mesmo perguntou se Galileu trabalhava em várias áreas do conhecimento simultaneamente. Mas que nesse instante da história Galileu estava pensando na Astronomia e na Física.
- Aqui o professor complementou a fala de E10 sobre o fato de que a natureza devia ser simples, segundo Galileu.

trabalho... vai ser difícil para mim (...)

00:07:27- 00:07:29	<i>(...) que demora tempo para se construir alguma coisa (...)</i>	- Em concordância com E11. Ela disse que nada surgiu do nada, que Galileu demorou a vida inteira.
00:07:41- 00:07:55	<i>(...) que ele é falível... ele erra... ele mudou de opinião... então viu que estava equivocado em certas coisas... então não tem nada de ser perfeito que... funciona tudo sempre direitinho (...)</i>	- Em concordância com E5 que falou que Galileu era falível.
00:08:51- 00:08:55	<i>(...) está..., mas a gente pensa a ideia de que hoje a natureza é simples(...)</i>	- Pergunta feita pelo professor acerca da natureza para Galileu e para nós (hoje).
00:10:55- 00:10:56	<i>(...) o que seria o método científico (...)</i>	- Perguntas que emergiram do professor após E8 mencionar que podíamos dizer que o Galileu foi o pai do método científico.
00:12:31- 00:12:34	<i>(...) a insatisfação com um conhecimento não começa com um problema (...)</i>	
00:12:54- 00:13:01	<i>(...) tem que ter coragem para se contrapor... quantos não concordavam e ficaram calados e tal... bom... foram esquecidos (...)</i>	- Em concordância com E10 que falou sobre o olhar crítico de Galileu.
00:13:25- 00:13:30	<i>(...) então vocês veem que o Galileu não é simples... que não tem uma versão única sobre o Galileu (...)</i>	- Aqui o professor finaliza a discussão e sugere para os estudantes a leitura do artigo intitulado "Galileu – um cientista e várias versões" do professor Arden Zylbersztajn.

Apêndice G

Recortes das aulas da disciplina ECF da UFSC, semestre 2012.1

Aula 01

Na aula 01 o professor discutiu questões relativas à disciplina ECF.

O professor chegou pontualmente na sala de aula. Nesse momento, 12 estudantes já o esperavam e 2 chegaram logo em seguida. No total 14 estudantes (6 meninas e 8 rapazes).

O professor fez a sua e a minha apresentação (professor do IFBA e pesquisador da UFBA/UEFS que irá acompanhá-lo durante as aulas). Em seguida, falou um pouco da disciplina: objetivo; recomendações (leitura dos textos, número de faltas...); onde encontrar os textos, e, resumidamente, o conteúdo histórico estudado em cada módulo.

Nesse intervalo de tempo os estudantes ficaram atentos, silenciosos e demonstrando interesse pelo que o professor estava dizendo, mas sem fazer perguntas, mesmo com o professor incentivando a participação deles com questões e dúvidas.

A sala de aula era relativamente confortável (bem iluminada, cadeiras acolchoadas, quadro negro novo e com 2 condicionadores de ar). No entanto, os condicionadores não a resfriava (apenas ventilavam para não sobrecarregar o sistema elétrico do prédio em reforma). Isso provocou um certo desconforto para os presentes durante a aula.

Até iniciar o curso de ECF, a maioria dos estudantes não havia cursado outra disciplina obrigatória ou curso envolvendo, diretamente, HFC. Ficou a questão: Será que não há outra disciplina (optativa ou obrigatória) de natureza histórica, com uma perspectiva epistemológica, na graduação em física da UFSC?

O professor comentou com seria a metodologia utilizada na disciplina e a avaliação (participação e discussão na disciplina – 1ª nota; seminários – 2ª nota; proposta de articulação entre uma dada animação e um conteúdo de um dos textos do livro – 3ª nota). Isso fez alguns estudantes manifestarem espontaneamente suas dúvidas: uma sobre a 3ª avaliação e a outra acerca do capítulo estudado para a próxima aula.

Sobre a primeira dúvida, o professor explicou o propósito da atividade. Ele também comentou a respeito de um módulo sobre experimentos com conteúdo histórico sobre eletricidade que seria ministrado na disciplina por uma estudante da graduação em física da UFSC. A história da eletricidade não está na ementa da disciplina. Um dos motivos da realização dessa pesquisa, a ser realizada com a disciplina ECF da UFSC, é o fato da disciplina ser também objeto de pesquisa. A opção em filmar as aulas foi para facilitar a identificação e transcrição das falas de cada estudante, e a câmera foi para interferir o mínimo possível nas aulas.

Em geral, os estudantes continuaram silenciosos com raras interrupções à apresentação do professor.

O professor pediu aos estudantes que fizessem 5 perguntas. Os estudantes, os mais descontraindo, fizeram perguntas relativas ao ambiente *moodle* (onde estão os arquivos sobre o plano de aulas da disciplina, vídeo-aula e animações) e sobre a dinâmica das aulas. O professor comentou que também iria discutir/confrontar visões sobre a NdC em vídeos pré-selecionados com as concepções apresentadas na disciplina. Depois, ele perguntou se algum estudante já havia passado por um curso de HC. Os estudantes responderam que não.

Uma estudante perguntou se na disciplina haveria uma discussão sobre mitos da ciência. Outra estudante perguntou se havia a possibilidade de mudança de horário da disciplina. A primeira pergunta o professor respondeu, com entusiasmo, que sim, e a segunda que não, pois ministrava outra disciplina no horário no qual foi mencionado pela estudante.

O professor abriu espaço para minha apresentação (propósito da pesquisa, permissão para o uso do dispositivo de gravação, garantia de anonimato e como os dados seriam utilizados). O professor e os estudantes foram receptivos e simpáticos, mas demonstraram receio quanto ao uso da câmera nas aulas. Eles sugeriram o uso de

gravadores no lugar da câmera, mas mencionei a dificuldade no que diz respeito à identificação de cada estudante. Expliquei que os dados não seriam utilizados pelo professor para efeito de avaliação dos estudantes, assim como que a câmera ficaria fixa em um ponto da sala. Depois entreguei os termos de consentimento livre e esclarecido para que os estudantes lessem e pensassem sobre a autorização para a gravação de áudio e vídeo.

Essa aula não foi filmada, e nem gravada, porque faltava a autorização dos estudantes e do professor para isso.

Aula 02

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu”, o capítulo 1 (De Thales a Ptolomeu) discute a constituição da matéria, segundo alguns filósofos gregos, e algumas ideias no campo da Astronomia que acabam colocando a Terra como corpo central no universo e elegendo o movimento circular uniforme como um movimento ‘perfeito’. Nessa trajetória chega-se ao universo aristotélico.

Para tanto, o capítulo 1 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução; Os primórdios da ciência grega: a ‘natureza’ da matéria para jônicos e pitagóricos; Os sistemas cosmológicos de Filolau, Heráclides e Aristarco; Os movimentos irregulares dos planetas e o dogma do movimento circular uniforme; O universo aristotélico; O sistema de Ptolomeu; Astronomia matemática versus Astronomia física.

Discussão do capítulo 1 do livro de textos intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu” – De Thales a Ptolomeu: contexto (C), isto é, perguntas, opiniões, posicionamentos e/ou comentários do(s) estudante(s) (E) e do professor (P) decorrentes da discussão do capítulo.

C: Posicionamentos, opiniões e comentários decorrentes da leitura e discussão do capítulo 1:

E4: (...) *eu sou muito falha em história da ciência... tem muitas coisas... Thales... nunca ouvi falar nele (...)*

E4: (...) *quando eu aprendi um pouco de história da ciência... tudo já vieste de Aristóteles (...)*

E18: (...) *é a mesma coisa das equações de Maxwell... ainda tem que escrever as equações como problema de Maxwell... ele construiu as equações... na verdade muita gente... está dando muita história (...)*

E4: (...) *Aristóteles é o principal e o resto é esquecido (...)*

E17: (...) *A qualidade de perfeito é arbitrária (...)*

E11: (...) *acho que ele não conseguiu limpar toda a mente dele para conseguir desenvolver alguma coisa do nada... ele vai pegar parte da cultura dele para desenvolver (...)*

C: Comentário que surgiu após o professor relatar que um autor de um livro didático de física foi questionado por fazer uma história da ciência de maneira enciclopédica e linear (sucessão de datas e nomes):

E10: (...) *na introdução ainda um pouquinho antes do capítulo ali... ele fala que da forma como isso passa, dá a impressão que é tudo perfeito que nunca tem um erro na ciência sabe... que chegou ali e outro melhorou mas não se fala das vinte hipóteses feitas então dezenove deram errado... a vigésima também... não encontrou uma solução melhor... a impressão que dá é que sempre... que só ficou aquela... você não tem como um método científico... como um construtor... um método linear... uma receita de bolo (...)*

Aula 03

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu”, no capítulo 2 (A física aristotélica) discute-se as ideias de Aristóteles sobre o movimento dos corpos como parte integrante e indissociável de sua filosofia natural. Além do seu valor didático junto a certas ideias intuitivas do estudante sobre o relacionamento entre força e movimento, a física aristotélica se apresenta como um referencial indispensável para a compreensão da física medieval e da revolução na mecânica, ocorrida no século XVII.

Para tanto, o capítulo 2 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, Aristóteles e os movimentos naturais, A ‘lei de força’ de Aristóteles, A questão da ‘força’ e da resistência no movimento natural de uma pedra, O movimento violento de um projétil, Implicações para o ensino e comentários finais.

Discussão do capítulo 2 do livro de textos intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu” – A física aristotélica.

C: O professor apontou a diferença entre o estilo Newton dos Principia e o Newton do Óptica:

E8: (...) *alguém em algum momento questionou se a obra das luzes era realmente de Newton... devido a tamanha diferença? (...)*

C: Os estudantes referem-se à citação de Aristóteles sobre o processo denominado de antiperistasis:

E10: (...) *um contraexemplo do exemplo que ele deu (...)*

E17: (...) *um contraexemplo que colocasse em xeque (...)*

C: Comentário que surgiu quando o professor se referiu ao momento que Galileu apontou um telescópio para o céu:

E14: (...) *mas todos os pensamentos aristotélicos não terminaram com o Galileu? (...)*

C: Resposta dada por E14 quando o professor fez a seguinte pergunta para a turma: qual dos dois Aristóteles (figuras 2.2 e 2.3 do livro Força e Movimento: De Thales a Galileu, capítulo 2) vocês simpatizam mais? O que está mais para mendigo ou que está mais para fidalgo?

E14: (...) *o mais nobre... que tem conhecimento(...)*

Aula 04

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu”, capítulo 3 (A física da força impressa e do impetus), o pano de fundo das discussões do capítulo é a física aristotélica. O desenvolvimento de estratégias que façam uso de algumas concepções historicamente superadas, como é o caso da força impressa/impetus, além de situar e dar um maior sentido a certas ideias intuitivas dos estudantes, pode contribuir para melhor conscientizá-los de que é necessário reformular algumas de suas concepções, a fim de torná-las consistentes com o que a ciência hoje determina ser cientificamente aceito.

Para tanto, o capítulo 3 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, Hiparco e a noção de força impressa, Filoponos, Do reaparecimento da força impressa no século XI ao impetus de Buridan, A teoria do impetus e a rotação dos corpos celestes, Novos questionamentos à dinâmica dos projéteis.

Discussão do capítulo 3 do livro de textos intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu” – A física da força impressa e do impetus.

C: E4 comentou o argumento usado por Filoponos de Alexandria (VI a. C) para contestar sobre o que Aristóteles afirmava em relação aos tempos de queda de objetos de pesos diferentes, soltos de uma mesma altura: (...) a experiência contradiz as opiniões comumente aceitas: porque se você deixa cair da mesma altura dois corpos, um dos quais é muitas vezes mais pesado do que o outro, verá que a razão dos tempos gastos nos

movimentos não depende da razão dos pesos, mas sim que a diferença dos tempos é muito pequena. E, assim, se a diferença entre os pesos não for considerável, a saber, se um é, digamos, o dobro do outro, não existirá diferença, ou melhor, haverá uma diferença imperceptível - nos tempos de queda (capítulo 3, página 52):

E4: (...) *ele realizou este experimento... e mesmo assim as pessoas ainda continuaram a duvidar dele e seguir a ideia de Aristóteles(...)*
(O professor respondeu que o experimento foi realizado, mas não levou a devida atenção porque a experimentação não tinha esse papel que tem para nós hoje).

C: Posicionamento de E8 após E18 comentar sobre a dificuldade de uma boa ideia superar as ideias de Aristóteles:

E8: (...) *you tem uma ideia muito concisa... uma ideia que é interessante... que pode explicar algumas coisas que o Aristóteles não explicou..., mas eu continuo sendo Aristóteles... e você não tem ao seu lado a ideia da experimentação que é uma ideia muito forte que vai talvez derrubar Aristóteles depois... como é que você vai fazer as pessoas aceitarem... se que eu ainda sou o Aristóteles e você é o (...)*

C: Questionamentos que emergiram após o professor mencionar que são ideias contra ideias e aquela que estiver mais bem estruturada será a predominante:

E8: (...) *e for estruturada pela pessoa mais importante(...)*

E10: (...) *ideia que ficar prevalecendo por algum... muito tempo... também dá uma força para ela... o fato do Aristóteles ter ficado... quando mais tempo vai durando parece que... mais forte ela fica... mais difícil de (...)*

E8: (...) *quanto mais tempo ele vai ficando estabelecido mais tempo ele vai se estabelecendo(...)*

E4: (...) *também com Alexandre o grande... talvez tenha levado a ideia dele para mais longe (...)*

E18: (...) *ele foi fundamental para desenvolver muito conhecimento..., mas de certa maneira... o que ele desenvolveu... estava... não correto... não melhor... maneira possível... bloqueou muitos séculos de desenvolvimento... e a gente sabe onde poderia estar hoje... se a gente não teria muitas dessas ideias se ele não tivesse existido... e se ele tivesse uma influência menor... a gente não estaria muito mais à frente (...)*

C: O professor resumiu o questionamento de E8 com a seguinte questão para a turma: o Aristóteles foi ou não um atraso/sucesso/obstáculo para a ciência?

E4: (...) *o fato da igreja... depois com o cristianismo... ter aceitado muito a ideia dele... de Aristóteles (...)*

E18: (...) *mas Aristóteles era forte (...)*

E8: (...) *eu acho que não seria um atraso por não ter acontecido... a gente teria que esperar esses caras contestarem Aristóteles porque Aristóteles existiu... se evoluiu foi porque começou... então tem que começar(...)*

E10: (...) *mas não poderia ter começado de outra forma... alguém que faria diferente (...)*

E8: (...) *será que teria começado se ele não tivesse começado (...)*

E17: (...) *sim cara... lógico que sim cara... tinham vários pensadores (...)*

E8: (...) *não... eu acho que não foi um atraso (...)*

E11: (...) *de certa forma foi... na época de Aristóteles tinham outros pensadores (...)*

E10: (...) *não com a força que ele tinha (...)*

E8: (...) a gente tem que considerar a ideia de que viriam outros tão fortes quanto ele... para se estabelecerem(...)

E10: (...) o fato de não se estabelecer as vezes é bom porque as ideias vão mudando e vão evoluindo um pouco mais rápido se não tivesse alguém com ideias tão fortes quanto às dele... poderia ter evoluído um pouco mais rápido (...)

E6: (...) como eles divulgavam as ideias para as pessoas... escreviam tudo a mão é claro..., mas essas ideias eram passadas entre os filósofos... ou era passada para o povo? (O professor revelou para E6 que as ideias eram passadas para as pessoas que eram aptas a entender essas ideias, e que existiam os copistas).

E3: (...) pois é... hoje em dia a gente ainda vive isso de... é diferente da época mais mesmo assim continua com a mesma ideia (...). E3 referiu-se à força de quem é considerado autoridade no assunto.

E10: (...) as pessoas continuam acreditando naqueles que tem mais... sabe... mais influência (...)

E8: (...) se existe algo estabelecido... existe também uma vontade contrária de querer embate no que está estabelecido... então será que o Aristóteles não tivesse tão estabelecido... com aquelas ideias... será que existiriam tantas mentes tentando provar que ele estava errado (...)

E8: (...) eu nem sei se concordo... eu fiquei meu em cima do muro... assim... é difícil pensar... é uma pergunta muito difícil de responder (...)

E18: (...) A minha dúvida... era a influência que ele tem foi tipo assim... soltei um 'paper' aí..., mas aí explodiu... ou o cara era muito bom de papo... tem gente que sabe fazer ciência... tem gente que além de fazer ciência... sabe influenciar... tem aquele dom... se você tivesse que dom também... é complicado você medir... porque... tanta gente criticando... se o cara conseguiu passar... vender o peixe dele (...)

E8: (...) Aristóteles era discípulo de Platão cara... porque Platão já era um cara bem estabelecido... por causa do diálogo... isso Platão era discípulo de Sócrates e Aristóteles de Platão... então... então ele já tinha esta importância por ter sido o discípulo de Platão e Platão de Sócrates... existe uma relação de poder por causa disso (...)

E10: (...), mas a questão é se ajudou ou piorou para o desenvolvimento da ciência.... eu acho que piorou... eu acho que as pessoas... podem mais facilmente separar... e propor suas ideias se não tiver o Einstein... assim... como é que eu vou... está lá o Einstein dando aula... como é que eu vou poder dizer que ele está errado... eu não vou ter coragem de dizer que está.... as pessoas não têm aquela facilidade de propor suas ideias se tem aquele... se tem alguém que tem uma ideia que todo mundo concorda com ela (...)

E4: (...) se cada um tivesse uma ideia diferente e nenhuma se estabelecesse... ia ficar um negócio meio vago e ninguém ia ter noção de nada (...)

E3: (...) ou então se estabelece, mas não se estabelece por tanto tempo... se estabelece está... aí todo mundo vê... tem ideia daquilo... ah tem alguma coisa errada... aí alguém vai lá e desembola o que se estabeleceu... ah não é isso aí está errado... aí vai lá e se estabelece (...)

E8: (...) mas isso não funciona assim cara... existe (...)

E3: (...) não se pode estabelecer por certo tempo... um ano... dois anos... é um século (...)

E17: (...) eu acho que é um problema do próprio método filosófico... você não tem como demonstrar se uma ideia é de fato coerente ou não... vai ser uma ideia... se você pegar duas teses diferentes e se elas satisfaçam logicamente seus princípios... como vai escolher uma ou outra é uma questão de estética... é uma questão de gosto... na Filosofia o que vai importar vai ser a estética não tanto sei lá... a funcionalidade da ideia... de repente o Aristóteles... estava associado a uma ideia esteticamente mais bela do que as outras ideias... só mais por isso... de repente mais do que pela funcionalidade da ideia... em Filosofia o que vai importar mesmo vai ser essa estética da ideia... o que as pessoas vão seguir... a beleza... mais do que a funcionalidade... mas a coerência lógica já é a premissa básica... é lógico... é factível... tem que ser... senão você descarta (...)

E8: (...) a gente pega o mais simples... se as duas explicam o fenômeno (...)

E17: (...) ou a mais bela (...)

E18: (...) por exemplo... se fosse como antigamente nem ia acreditar...ninguém nem ia olhar os dados do cara... porque não... estava lá..., mas Einstein falou.... Suspeito... está funcionando... ignora isso daí mesmo parecendo uma injustiça para todos nós... ainda foi revisto o 'paper'... foi revisto o material... foi refeito o experimento... mais de duas vezes... para tentar ver se aquilo ali era ou não coerente (...)

E18 referia-se ao experimento no qual detectaram que a velocidade do neutrino ultrapassou a velocidade da luz no vácuo.

E8: (...) acho que a gente está à beira da quebra de um paradigma gigantesco... assim... acho que nossos filhos vão falar... meu pai era um idiota (...)

C: Posicionamentos que vieram à toa após o professor levantar a seguinte questão: se alguém chegasse assim, vou fazer um experimento aonde vou te mostrar o moto perpétuo, o que você diria? O professor também chamou a atenção dos estudantes sobre a importância da base teórica que está por trás de um experimento, uma vez que pelo experimento puro e simples pode ser bolado algo para nos enganar, isto é, não é apenas o experimento que irá dar tudo:

E8: (...) se eu não parasse para pensar... esse cara está maluco... prova... como... com o método científico..., mas o método científico é adicionado pelo Kuhn. (...)

E8: (...) eu ia pedir para me provar por experimentação ou me dar argumentos válidos... eu ia acreditar a princípio na academia... academia é a verdade absoluta... eu ia pedir para provar experimentalmente (...)

E8: (...) o problema é que as nossas bases teóricas nos dão base para o que a gente conhece de ciência (...)

E8: (...) se a gente continuar pensando assim nunca haverá uma quebra de paradigma (...)

E11: (...) revolucionários são um problema.... normalmente as pessoas não aceitam os revolucionários... pessoas diferentes... difícil... até aqui dentro... as pessoas acham... as pessoas da física são diferentes... as próprias pessoas daqui não aceitam...

- O professor citou Planck.

E14: (...) tipo dizer... os neutrinos vão além da velocidade da luz (...)

E8: (...) se tivesse lá em novecentos... novecentos e alguma coisa... e o Planck chegasse assim para o senhor... provasse matematicamente que a natureza não se comporta de maneira contínua e sim de maneira discreta e desse... essas bases teóricas

que tinha situado na Matemática... muito embora não... na ideia... matematicamente fosse improvável conseguir que a curva lá... não acontecia no ultravioleta... você o deixaria entrar na sala? (...)

E18: (...) ele teve provas... faz o experimento... mostra como funciona... depois de um monte de coisas... aí quando algumas pesquisas preveem... acontece... ah agora a gente pode corromper (...)

E3: (...) o senhor para se estabelecer... o cara teria que fazer o experimento e provar... na história muitas vezes tu fazes um experimento... dá um resultado que é diferente... aí você faz de novo e dá o mesmo resultado... você pede para outra pessoa fazer e dá o mesmo resultado... aí você mostra isso para uma comunidade científica e aí alguém vai procurar uma teoria... mas aquilo... a tua experiência foi uma revolução... não que eu preciso provar que ela está certa... para ela revolucionar (...)

E18: (...) não é engraçado professor... toda essa revolução... e aí a gente vê o pessoal engolindo essas abobrinhas tão fácil... a gente sabe... tarô quântico está dominando a internet... e as pessoas engolem isso numa alegria(...)

O professor citou Galileu ao falar de racionalidade.

E18: (...) se você fizer o que todo mundo faz você vai obter os mesmos resultados... você é racional (...)

E18: (...) cada ser humano tem a sua razão... não dá para dizer o que é racional para você e tentar medir com outra pessoa... não vai ter como... é tentar conversar linux com alguém... sei lá... windows(...)

C: O professor primeiro citou o Paul Feyerabend (Contra o método) e depois o Bohr:

E8: (...) uma coisa que talvez... na minha opinião... tenha atrapalhado o trabalho de Galileu e a ciência... é a busca de que a natureza tem que ser simétrica... tem que ser perfeita... tem que ser dual... eu acho que isso... na minha opinião... eu acredito que a natureza seja caótica... de acordo com Marcelo Gleiser e outras caras que acham isso também... acho que isso impede muito mais o desenvolvimento da... da nossa ciência do que o Galileu em (...)

E18: (...) se a gente procurar simetria... a gente consegue entender... consegue matematizar por mais que a gente não queira... se a gente tentar enxergar simetria... às vezes a gente consegue fazer (...)

E8: (...) mas impede por exemplo... a gente quer aceitar que as equações de Maxwell... por que colocaram alguns argumentos nas equações de Maxwell? ... por que? ... por causa da simetria (...)

E18: (...) ela não é tão simetria assim... tem muita física por trás das equações... se fosse assim é só simetria (...)

Aula 05

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu”, no capítulo 4 (As novas concepções de mundo) procura-se mostrar os primeiros passos para que uma nova física pudesse encontrar terreno fértil para o seu desenvolvimento, fazendo-se necessário abalar toda uma estrutura rigidamente estabelecida ao longo dos séculos, em que se acham interligados componentes de ciência, filosofia e religião.

Para tanto, o capítulo 4 foi dividido nos seguintes subcapítulos: O universo de Nicolau de Cusa, Peurbach e Regiomontano, o heliocentrismo de Nicolau Copérnico,

Considerações finais sobre o heliocentrismo, Giordano Bruno e a infinitização do universo, Tycho Brahe e o espírito da precisão.

Discussão do capítulo 4 do livro de textos intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu” – As novas concepções de mundo.

C - O professor iniciou a aula respondendo uma pergunta de E1 acerca da associação/analogia que é feita entre ideias indutivas de estudantes (senso comum, observação imediata...) e ideias da física aristotélica:

P: (...) *o senso comum deve ser respeitado, mas... ele tem que ser... estar... não vou dizer destruído... ele tem que ser superado... tem que ser superado... isso é verdade (...)*

P: (...) *então o senso comum é superado pela física newtoniana... e a física newtoniana é superada pela física einsteiniana... e assim vai... isso vai mudando com o tempo... se adaptando aos novos... conhecimentos... essa revolução toda que tem... revolução com grandes rupturas... com pequenas rupturas... ou pequenas, pequenas, pequenas... que daqui a pouco vem uma ruptura que se transforma num contínuo... depende da noção que a pessoa tem sobre ruptura (...)*

C - Aqui o professor fez referência ao capítulo 4 (As novas concepções de mundo):

P: (...) *o que eu falei para vocês... que era preciso superar visões... do âmbito da física... que eu tenho conhecimento que já está arraigado... muito bem arraigado... e também alterar a visão de mundo (...)*

C - Ao fazer um rápido comentário sobre os dois artigos que ele indicou para leitura, o professor destacou que Tycho Brahe e Kepler tiveram interesse inicial pela Astrologia, ou seja, que ambos começaram seus estudos com interesse na Astrologia:

P: (...) *como que... ilustres da ciência... vão despertar seu interesse pela ciência por uma coisa não científica para nós... parece um contrassenso absurdo (...)*

C - Posicionamento levantado devido ao fato do Copérnico confrontar seu sistema com os dados que ele tinha, mas sem questionar a confiabilidade desses dados:

E11: (...) *e é uma coisa importante questionar os dados (...)*

C - Questionamentos acerca do aparecimento do sistema copernicano com a insatisfação do sistema ptolomaico.

P: (...) *não é por insatisfação que as coisas surgem... ou é por questão de gosto... por que apareceu outro sistema astronômico... é assim do nada? (...)*

C - O professor chamou a atenção sobre uma desvantagem do sistema copernicano em relação ao ptolomaico:

P: (...) *O que saltam aos olhos... qual é o sistema mais simples... ptolomaico (...)*

C - O professor citou que os livros mostram um modelo simplificado dos sistemas ptolomaico e copernicano.

P: (...) *quando a gente olha a história e vê que é... às vezes muito diferente daquela que foi passada... contada... infelizmente (...)*

C - - Comentário em meio às discussões sobre as ideias de Copérnico:

E2: (...) *professor... o senhor na última aula provava que não existia um método científico (...)*

P: (...) *tem um filósofo chamado Popper que diz que não pode provar se o conhecimento está correto... a gente pode tentar refutar este conhecimento... se eu não consigo refutar... este conhecimento se mantém... se mantém... se mantém até que de repente... eu não consigo mais fazer isso... aí volto tudo do zero (...)*

E2: (...) *me parece que cada um tinha um argumento... talvez seja um método de como fazer ciência... era o Copérnico... o mais*

importante de tudo até agora... vai ser o Copérnico... o único que começa a lidar com a precisão (...)

P: (...) agora já começa a entrar... começa a entrar em cena outros valores... a preocupação com o dado... com a precisão do dado... e quando eu falo em precisão do dado eu estou me referindo especificamente à medida... como é que a medida pode ser refeita... e pode conter erro... inclusive com o uso de instrumentos(...)

C - Aqui o professor tratou da influência da religião/igreja no desenvolvimento do trabalho científico na época em questão. Tal discussão trouxe à toa outros temas correlatos como o financiamento da pesquisa, patente (E18), arbitragem em periódicos e ideias de Paul Feyerabend (Contra o Método).

P: (...) aí parece que inegavelmente tem um retardamento sobre a evolução das coisas... tem uma influência externa... que está bloqueando... então a gente pode pensar assim... temos a ciência que caminha com sua dinâmica e temos todos os fatores externos que começam a influenciar nesta caminhada... o que a gente... evidentemente vê neste curso é um dinamismo interno... uma ciência internalista... mas tem todos os fatores externos que estão juntos para ou acelerar ou retardar o processo... quando no âmbito só da dinâmica interna... a posição do Aristóteles era uma posição que faz parte do próprio desenvolvimento... era uma posição que vai firme e forte... que vai bloquear pelo seu mérito outros conhecimentos... agora quando começa a ter influência externa... quando começa a haver ação externa... imagina que tem uma pesquisa que tu queres fazer... tem certeza que vai dar bons resultados e não é financiada... então tão te impedindo de fazer... é diferente (...)

E18: (...) um cara está fazendo uma pesquisa que quer publicar..., mas a empresa que pagou... não quer que ele publique porque tem o direito pela patente (...)

P: (...) quando a gente vai submeter um trabalho para um periódico... uma revista... a gente fica na dependência da arbitragem... às vezes você pode pegar um... árbitros muito rigorosos e tal... e depois simplesmente ah tem dois pareceres contrários... então não é publicado... essa é a regra... às vezes se comete um pouco de injustiça... talvez... árbitros rigorosos porque não tão afim... ou quer impedir (...)

P: (...) se o trabalho não está de acordo com os valores daquela comunidade... ele não vai ter a menor chance (...)

Aula 06

Discussão do artigo intitulado "Entrevista com Tycho Brahe" (MEDEIROS, A. Entrevista com Tycho Brahe, **Física na Escola**, v. 2, n. 2, p. 19-30, out. 2001.) A vida e obra de Tycho Brahe.

C - O fato do Tycho Brahe ter sido muito rico chamou bastante a atenção dos estudantes:

P: (...) interessante o Newton... porque... a mãe do Newton tinha dinheiro para colocar o Newton numa condição boa lá na universidade... não abriu mão... aí o Newton... entrou na universidade como criado... era criado... dos professores de outros colégios... ele entrou numa categoria chamada subsizar... era aquém do sisar que já era criado dos professores e tudo mais (...)

C - O professor perguntou "levamos ou não levamos o Tycho Brahe para o Ensino Médio?" Por que sim? Por que não?

E4: (...) *eu acho que deve contar a história verdadeira... faz parte da ciência (...)*

E11: (...) *pode ser uma complicação contar a história verdadeira... os alunos no contexto histórico... vão achar que ele era um louco... que o trabalho... não... não... assim do nada (...)*

P: (...) *levar ele para... eu acho que tem que contextualizar... senão... claro (...)*

C - Crítica ao artigo intitulado “Entrevista com Tycho Brahe” (MEDEIROS, A. Entrevista com Tycho Brahe, **Física na Escola**, v. 2, n. 2, p. 19-30, out. 2001) e resposta à pergunta do professor: *Só tem coisas boas para levar o Tycho Brahe para o ensino?*

E18: (...) *tudo é perfeito... era riquinho... não faz nada na vida... só estuda... aí pum... inventa uma coisa (...)*

C - Sobre o porquê de levar o Tycho Brahe para a sala de aula e o que os estudantes diriam para os seus colegas do curso de Física I sobre o Tycho Brahe (acerca do que faria sentido para eles):

P: (...) *para levar tem que... colocar dentro... do contexto histórico... senão... não vai... o que que adianta (...)*

E14: (...) *para época o cara revolucionou (...)*

E18: (...) *se você quer simplesmente dar uma ideia para os alunos... nada é tão redondo quanto parece (...)*

E3: (...) *sou física... aí eu estou num dia super bem... tenho uma ideia... veio a teoria atômica na minha cabeça... é complicado... ô... não é assim... eu acho que tem alguns detalhes que tu podes falar (...)*

E18: (...) *tem que falar... as medições... o sistema do cara não é tão bom como deveria ser... adequei ao meu modelo (...)*

E5: (...) *não veio do nada... vem tentando... tentando(...)*

E14: (...) *ele não partiu do nada (...)*

E3: (...) *eu passei a vida toda fazendo medida para chegar no fim ter uma tabela confiável... não foi de um dia para o outro(...)*

E17: (...) *legal também que ele fazia... as duplas assim (...)*

P: (...) *começa a aparecer a importância da... não só da medida..., mas a precisão... que está por trás da medida (...)*

E18: (...) *é extrema... a importância da medida (...)*

C - Sobre o questionamento de E11 acerca dos dados levantados por Tycho Brahe:

P: (...) *a ética é uma coisa... tem sido capital... ninguém fica mentindo... a pessoa que mentir uma vez nunca mais vai mentir (...)*

C - O professor mencionou o seguinte trecho do artigo: “Aquele modelo de compromisso (o modelo era mais um menos um compromisso entre o melhor dos dois sistemas, o de Ptolomeu e o de Copérnico) parecia-me esteticamente perfeito, eu só precisava encontrar as peças de evidência. Foi aí que mergulhei febrilmente na coleta de dados observacionais que apoiassem o meu sistema” (página 27):

E18: (...) *você vai procurar dados... você já procura ele pensando onde você quer chegar... você acaba adaptando seus dados (...)*

P: (...) *não tem dados puros... a pessoa tem uma ideia... não quer dizer que ela vai forjar alguma coisa... forçar alguma coisa... melhor... a ideia que está aí... e o que... não... eu tenho um... conceito por trás... e dados que vão ou não corroborar (...)*

P: (...) *senão a gente pode de repente passar uma ideia de que a partir dos dados... que aparecem coisas do nada(...)*

E3: (...) *que nem a paralaxe... ele foi buscar os dados para provar a paralaxe... ou não (...)*

C - Comentário do professor após E11 citar o fato de que o Tycho Brahe deixou os dados para a família dele, mas não para o Kepler:

P: (...) para o Alexandre Medeiros... o Kepler roubou... se apossou indevidamente dos dados do Tycho Brahe (...)

Aula 07

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu”, o capítulo 5 (Galileu e a teoria copernicana) termina com a defesa de Galileu à liberdade científica, à autonomia da ciência em relação à teologia, em resposta aos que pretendem se valer da Bíblia para resolver disputas filosóficas. Mantendo-se fiel aos ‘princípios realistas’ da doutrina copernicana, Galileu é proibido, pela Inquisição, de sustentar ou defender as teses do heliocentrismo.

Para tanto, o capítulo 5 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução; As descobertas de Galileu com o uso do telescópio, A força da razão e as observações impregnadas de teorias: o impacto do telescópio, Galileu e o copernicanismo: os primeiros conflitos com a Igreja; Ciência e fé; Os caminhos da condenação.

Discussão do capítulo 5 do livro de textos intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu” – Galileu e teoria copernicana.

C - E18 mencionou a influência de fatores externos na disputa científica. E4 referiu-se ao que Galileu disse sobre a interpretação dada às escrituras da bíblia:

E18: (...) eu acho engraçado como as coisas vão se invertendo (...)

E4 (...) ele diz que tem interpretações... que cada um pode interpretar as coisas do seu jeito (...)

C - O professor se referia à postura de Galileu contra o uso de passagens da bíblia como argumento na disputa científica:

P: (...) vamos pensar o seguinte... se a gente não contextualizar parece que ele era improdutivo (...)

C - Aqui o professor citou o Tycho Brahe ao fazer uma introdução ao capítulo 5:

P: (...) começa a entrar em cena... coisas... outras evidências esclarecedoras... como algo que até então não se tinha (...)

C - Indagação do professor sobre como Galileu conseguiu perceber outros pontos luminosos no céu em meio a tantos pontos:

P: (...) penso assim... uma coisa fantástica... tem que ter o que... por trás disso... vontade de... ver... vontade de ver... de encontrar coisas... não é isso? (...)

C - O professor mencionou uma simulação que foi feita no computador sobre as observações realizadas por Galileu (representações e anotações):

P: (...) foi feita a simulação... sabe... a concordância é extraordinária... é extraordinária a concordância (...)

C - Uma das explicações dada por E11 sobre o porquê da não-confiabilidade do telescópio de Galileu para os aristotélicos:

E11: (...) é que não tinha uma teoria sobre o telescópio (...)

C - Indagação feita por E7 depois do professor perguntar para E18 se ele olharia para um instrumento detector de fantasma (uma alusão à falta de credibilidade do telescópio de Galileu perante os aristotélicos):

E7: (...) qual é a base teórica? (...)

C: Questionamentos sobre o telescópio de Galileu: como o instrumento podia mostrar mais coisas do que podemos ver?

P: (...) tem que se colocar com a visão das pessoas daquela época... então elas não ficaram questionando lá que o nosso aparelho visual era eficiente... que ele vai nos levar a incorreções (...)

C: E2 chamou a atenção de E3 que citou o termo resolução do telescópio:

E2: (...) não tem teoria sobre esse equipamento... não tem teoria sobre esse equipamento... resolução (...)

C: Questionamentos sobre o telescópio de Galileu: como o instrumento podia mostrar mais coisas do que podemos ver?

P: (...) *se fatos são fatos... não haveria história... não haveria interpretação histórica (...)*

P: (...) *então o que estamos vendo... que as observações... são carregadas de teorias... concordamos com isso ou não... sim (...)*

E3: (...) *a partir de qual momento eles começaram a acreditar... no instrumento? (...)*

C: Aqui o professor tratou da visão de mundo do astrônomo Scheiner, na qual o mundo supralunar era perfeito, por isso não poderia ter manchas no sol:

P: (...) *como é que Galileu chegou à conclusão que eram manchas solares e tinha um padrão de repetição... como... e o outro não conseguiu ver... para o outro astrônomo com outra concepção de mundo... com outras concepções teóricas... não podia ver o que... manchas e imperfeições lá no sol... não podia... e Galileu fez o pressuposto contrário... não... por que não pode ter imperfeições no sol... tem... tem imperfeições no sol... essas duas diferenças fizeram o quê... qual foi o produto final... o Galileu detectou a velocidade de rotação do sol... só isso (...)*

E11: (...) *ele estava certo... certo entre aspas... se alguém tivesse uma teoria bem estruturada de alguma coisa assim... aqui... a gente ia tentar defender ela a todo custo e ele fez isso... ele deu um argumento que parecia que está tudo certo... então (...)*

C: O professor discorreu sobre a ação da igreja contra Galileu por ele ter se tornado, publicamente, copernicano:

P: (...) *então... o posicionamento de Galileu parece para nós... parece mais do que sensato... ousado... outros valores também... então... o que a gente está vendo aí... uma disputa científica... é só... uma disputa científica não se resolve com argumentação apenas... o que é que a gente está vendo aí... tem outros valores envolvidos... inclusive de poder... vamos calar o Galileu e fim de conversa... não é isso que vão fazer (...)*

Aula 08

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu”, o capítulo 6 (A física de Galileu) apresenta as primeiras ideias desse sábio italiano sobre força e movimento e a influência de Arquimedes em seu trabalho; mostra como Galileu obtém a lei da queda dos corpos, introduzindo, definitivamente, uma física quantitativa, inteiramente diferente da física das qualidades de Aristóteles e de seus seguidores, e da física do impetus, bastante confusa e vaga; e discute o movimento de projéteis e a inércia galileana, chamando a atenção que esta última seria, no limite, uma inércia circular.

Para tanto, o capítulo 6 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, As primeiras ideias de Galileu sobre força e movimento, A influência de Arquimedes e a lendária experiência da torre de Pisa, O movimento acelerado e a queda dos corpos, O movimento neutro e a lei da inércia de Galileu, A questão do movimento de um projétil em um navio em movimento, Galileu e o movimento de projéteis.

Discussão do capítulo 6 do livro de textos intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu” – A física de Galileu.

C: Comentários e posicionamentos após o professor realizar a leitura do texto acerca da lendária experiência da torre de Pisa:

E14: (...) *o senhor imagina... o senhor se imagina... se o senhor fosse professor da universidade e que nessa universidade... todo*

conhecimento científico que até então... o senhor estava consciente do que estava acontecendo... existem conhecimentos bem definidos... que até então são incontestáveis... o senhor... aceitaria um convite de um louco que tentaria mudar todo este conhecimento que o senhor... já está bem... bem estabelecido com o senhor... o senhor aceitaria o convite de um louco para ir lá no alto da torre... e ver fazer um experimento... tentar... será que não... será que o senhor aceitaria... mas o senhor concorda com tudo isso que está escrito neste livro... é isso (...)

P: (...) o aparecimento da ciência exata... só com experiências para se fazer isso (...)

C: Questão frente à discussão sobre a lendária experiência da torre de Pisa:

P: (...) mas para ser ciência experimental não tem que ser... por experimentos ou ela nasce do nada... só da ficção... da Filosofia? (...)

E17: (...) tem uma base teórica (...)

E1: (...) tem uma parte teórica... mas para ser ciência experimental... tem que tentar (...)

E8: (...) um outro texto em que... esteja em voga o que a comunidade científica aceita como correto naquele momento (...)

E1: (...) a questão para mim é que a experiência... é uma lenda (...)

E7: (...) sem contar que parece que foi de um dia para o outro(...)

E3: (...) mas é importante levar este texto..., mas não sem apresentar a teoria... apresentar o que o Galileu estava fazendo porque se não vai parecer que foi do dia para o outro(...)

E2: (...) eu acho que... uma coisa... ela não surge do nada (...)

E10: (...) ele já tinha uma ideia (...)

P: (...) então as coisas não saem do nada... não aparecem de uma hora para outra (...)

E18: (...) e aí começar a abrir como é que foi a ideia de Galileu (...)

E18: (...) e ele veio com essa ideia do nada.... vocês teriam ideia do dia para noite e iriam convocar todo mundo para mostrar (...)

E18: (...) ele com certeza passou por muitas provocações... ele fez vários testes... fez vários experimentos... tem toda uma teoria bolada... a gente poderia daí mostrar... qual o potencial intuitivo... por que a gente não fala no texto... qual que era a teoria que tinha na época... por que ela era tão bem aceita... onde é que estava a diferença dela para teoria de Galileu (...)

E18: (...) se ele fosse fazer um experimento diferente... ele poderia quebrar a cara... ele não fez... mas será que o Galileu não faria diferente... você como um físico experimental ... você tentaria provar uma teoria completamente... então será que este experimento tem realmente alguma realidade... ele ia chamar todo mundo para ver um pouquinho... não ia apresentar nenhuma teoria... o interessante... eu acho isso... trabalhar toda essa evolução do conceito dele... e também na parte que também tinha um erro... ia mostrar... teve uma parte que ele está correto... foi uma evolução... mas ele também não foi o ápice... ele não foi o ponto que a gente chegou e realmente montou outra teoria (...)

E2: (...) a questão também da física experimental... eu acho que é importante ressaltar que... ele para de investigar a causa dos movimentos... para investigar o movimento... em si... então tu para fazer isso você tem que analisar com equipamento... com alguma coisa (...)

E4: (...) genial a ideia também... é genial (...)

E3: (...) você chegar só com este texto sem teoria nenhuma... você simplesmente mostra e diz que é verdade... isso você não pode fazer... você teria que mostrar... dar uma teoria... e dizer o que está por trás do Galileu... você pode chamar ele de pai da experimentação... não só com base... só com este texto (...)

P: (...) aonde surgiu a ideia do plano inclinado... teve a ideia... foi original o plano inclinado... mas nasceu do nada... nasceu do nada... foi tudo ideia dele ali... não? (...)

E2: (...) se ele fez o experimento tinha alguma coisa em mente (...)

P: (...) mas isso aí já tinha sido... objeto de estudo... por outros matemáticos... algum tempo atrás... o Galileu retoma... as pessoas fazem uso do conhecimento de outras... claro... não tem que reconstruir tudo... a partir do zero... construir tudo a partir do zero (...)

E10: (...) tem que pensar a natureza sempre da forma mais simples (...)

P: (...) e aí tem uma intuição correta... não é (...)

P: (...) parece que tu dás bem uma aula... está bem contextualizado... fala que ele não está sozinho... muda de... pensamento com o tempo... tem um deslocamento... a pessoa não pensa sempre do mesmo jeito... tem diferentes concepções... evoluem... ainda bem (...)

E17: (...) não se sabe se não é verdade com certeza também (...)

E1: (...) com certeza absoluta não... mas tem bastante evidências (...)

E17: (...) o cara fez um pensamento lógico ali... lógico... ele fez uma estrutura lógica... e chegou a uma conclusão..., mas por outro lado é um aluno do Galileu... por que então ele também... ficaria inventando... cara (...)

E1: (...) mas como só ele faz menção... o próprio Galileu não faz menção... a essa experiência... então para mim é muito duvidoso (...)

P: (...) qual o papel da experimentação na física do Galileu? (...)

E7: (...) eu acho que ele dá validade a teoria dele (...)

C: Comentários e posicionamentos em resposta a seguinte colocação do professor: Galileu parte do experimento e a partir daí, do nada, chega a alguma coisa, ou usa o experimento para corroborar?

E8(...) eu acho que em momentos ele observou a natureza acontecendo e tentou formular... e em momentos ele pensou em alguma coisa e tentou experimentar (...)

P: (...) para tentar corroborar com uma ideia já pensada... a simplicidade da queda livre (...)

E8: (...) ele tentou corroborar porque percebeu que acontecia na natureza (...)

E8: (...) a pergunta do senhor era se ele partia da experiência ou se ele partia do pensamento(...)

E13: (...) ninguém parte do experimento do nada... assim (...)

P: (...) ninguém parte do experimento do nada (...)

E11: (...) uma coisa é visualizar... outra coisa é fazer o experimento(...)

E13: (...) foi um experimento... que não foi intencional (...)
(Posicionamento de E13 para E3 ao se referir à descoberta de Oersted)

E3: (...) utilizou o experimento para corroborar... pronto... todo mundo concorda (...)

E7: (...) é fundamental se ele fez também... que aí ele quebra... ele faz a diferenciação entre Física e Filosofia mesmo... neste ponto ele

começa a experimentar... partir de uma ideia... botar em prática para mostrar alguma coisa (...)

P: (...) tem a experimentação... tem a matematização... isso tudo difere muito do conhecimento que... está lá para trás (...)

C: Resposta dada pelo professor à E7 quando o mesmo perguntou se Galileu trabalhava em várias áreas do conhecimento simultaneamente. Mas que nesse instante da história Galileu estava pensando na Astronomia e na Física:

P: (...) e ali a gente vê que ele adere a teoria do impetus... que depois tem influência do Arquimedes sobre ele... então essas coisas vão se dando ao longo do tempo(...)

C: Aqui o professor pediu para que os estudantes fizessem um resumo sobre os principais pontos do capítulo 6 (A física de Galileu), ou melhor, pediu aos estudantes que dissessem o que estava por trás de tudo que foi exposto:

E11: (...) você tem que contextualizar o texto (...)

E17: (...) A contextualização filosófica que é importante... citar Aristóteles e o conceito todo... dele... foi de grande importância para a evolução mesmo do trabalho dele(...)

E17: (...) falar de todos os experimentos de maneira geral assim... como ele trabalhou... o que ele usou... que foi um método assim interessante de medida... falar também do erro de medida que estava associado também ao método dele... depois as implicações ideias devido a experimentação (...)

E10: (...) simplicidade... a explicação mais simples da natureza (...)

P: (...) seria um pressuposto... porque eu vou achar que a natureza se comporta da forma mais complexa se... aí nem vou estudar... nem vou desenvolver meu trabalho... vai ser difícil para mim (...)

E11: (...) deixar claro que nada surgiu do nada... ele demorou a vida inteira (...)

E7: (...) e trabalhou em várias áreas não só em uma área... não só em uma área específica(...)

P: (...) que demora tempo para se construir alguma coisa (...)

E17: (...) que ele se transforma com o tempo... que ele adquire(...)

E5: (...) que ele é falível (...)

P: (...) que ele é falível... ele erra... ele mudou de opinião... então viu que estava equivocado em certas coisas... então não tem nada de ser perfeito que... funciona tudo sempre direitinho (...)

E18: (...) o senhor estava falando que a natureza não devia ser muito complexa não é (...)

P: (...) tá... mas a gente pensa a ideia de que hoje a natureza é simples(...)

E18: (...) A gente sabe... a gente cria modelos para tentar explicar o que o que está acontecendo (...)

E4: (...) por que é que eu tenho que fazer isso... porque ela é complexa... não porque ela é simples... ela não sabe criar modelos (...)

E17: (...) o que ajudou ele desenvolver foi a observação objetiva da realidade... então no fundo... essa parte pragmática da realidade... essa objetividade da realidade... que vai dar a última palavra na decisão de um corpo teórico (...)

E8: (...) dá para dizer que ele foi o pai do método científico também (...)

P: (...) o que seria o método científico (...)

P: (...) a insatisfação com um conhecimento não começa com um problema (...)

E10: (...) apesar dele usar muitas ideias dos outros... ele não era muito influenciado pelas ideias que estavam estruturadas... ele tinha a capacidade de olhar criticamente para uma coisa que estava estabelecida... e pensar de outra forma (...)

P: (...) tem que ter coragem para se contrapor... quantos não concordavam e ficaram calados e tal... bom... foram esquecidos (...)

P: (...) então vocês veem que o Galileu não é simples... que não tem uma versão única sobre o Galileu (...)

Aula 09

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu”, no capítulo 7 (As Leis de Kepler do movimento planetário) tem início o fim do divórcio entre a Física e a Astronomia. Kepler inaugura o estudo da física do sistema solar.

Para tanto, o capítulo 7 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, os sólidos perfeitos e a estrutura do universo kepleriano, A lei das áreas e a lei das órbitas elípticas, A elipse: elementos e excentricidade, A excentricidade dos planetas do sistema solar, A lei dos períodos, Força e movimento: de Thales a Galileu, A física celeste kepleriana, Epílogo: a aceitação científica das leis de Kepler.

Discussão do capítulo 7 do livro de textos intitulado “Força e movimento: de Thales a Galileu” – As Leis de Kepler do movimento planetário.

C: - Comentário com base na leitura do capítulo 7 do livro-texto intitulado Força e Movimento: De Thales a Galileu:

E7: (...) o que é que o professor comenta... ah é impossível o cara começar a bolar uma experiência... uma teoria física que seja... sem uma concepção prévia... tem isso que ele estava lá ensinando sobre os triângulos concêntricos... quer dizer... inscritos e circunscritos num círculo... aí numa aula dele... deu um estalo... deu um insight (...)

P: (...) então ele estava lá dando aula... acho que... como se ninguém existisse e de repente... os alunos ficam lá... uma tábua rasa (...)

E4: (...) imagino ele lá dando aula... percebeu aquilo... olhou e saiu (...)

C: Comentários com base na leitura do capítulo 7. Os estudantes estavam se referindo ao Kepler:

P: (...) se isolou... e do nada já saiu (...)

E4: (...) outra coisa que eu achei legal... que ele começou a fazer os cálculos dele e viu que não estava certo... tentou conseguir provas contrárias... em um ano só... ele trabalhando com o Brahe percebeu o quanto era importante ter dados... ter precisão naquilo que está se medindo... acho que ele foi influenciado pelo Brahe... nesse tempo que os dois trabalharam juntos (...)

E8: (...) ele foi trabalhar com o Tycho Brahe... tinha observação e tinha já uma base matemática (...)

E8: (...) e a forma que o Tycho Brahe... era um astrônomo muito preciso... prezava pela precisão... já circulava pela... pela província... sei lá... depois assumiu o posto de matemático da corte... depois que o Tycho Brahe morreu (...)

E14: (...) que o cara foi muito bom... com as limitações da época... por mais precisas que foram as medidas do Tycho... o cara medir uma excentricidade de órbita de 0,02... eu considero até um erro... praticamente um círculo... é praticamente um círculo... difícil de desenhar uma elipse com essa excentricidade (...)

E11: (...) os dados de Tycho Brahe eram suficientemente bons para ele chegar a esta conclusão? (...)

E11: (...) então professor... ele generalizou... a partir de outros planetas... sem ter certeza dos dados... que os dados não eram tão precisos assim que ele... ver aquelas órbitas que... ele possuía alguns dados, mas ele não consegue prever as outras órbitas... ou conseguiu? (...)

P: (...) não... claro que não... ele fez uma generalização... se a Terra tem uma órbita ovalada e Marte também tem... os outros também têm... então nem sempre as generalizações são tão ruins assim (...)

E7: (...) nesse ponto aí... ele percebe que é o lance que o Galileu fez... ver a simplicidade da natureza e nesse foco que ele poderia explicar essas excentricidades todas... mais complexas (...)

E8: (...) quando eu começo a ler o texto... dá a impressão de que ele só acreditava que existia essa perfeição... mas depois o senhor fala que... na verdade ele não acreditava na escritura... como ele era protestante... foi protestante... tinha estudado no colégio protestante eu acho que ele tinha de certa maneira... como uma obrigação com a própria religião... de tentar mostrar uma perfeição divina num determinado modelo... mesmo embora ele não acredita nisso... aí como próprio ele falou que... ele com alegria percebia aquela simetria do universo... aí depois mais a frente ele percebeu que caso achasse alguma coisa que não era dessa maneira... cairia por terra toda aquela teoria dele... a impressão que fica no início do texto é de que ele é ingênuo... pelo menos quando começo a ler... mas depois você vai percebendo que ele tem uma teimosia matemática... e alguma coisa que impulsiona ele a querer achar uma relação mais próxima com o que acontece mesmo... ao nosso redor (...)

P: (...) ele é impulsionado em que... a luz de que ideias iniciais... pois é... quantos planetas são... quantas órbitas são... quantos são os poliedros regulares (...)

P: (...) então... sempre tem essa... essa ideia assim de que a pessoa está tendo alguma inspiração... se tu quiseres... por hora... divina... quem sabes está... deve ter uma razão para tudo (...)

P: (...) se eu acho que tem uma ordem... digamos... nesse universo e eu ainda não descobri... porque tem pistas para descobrir... aonde eu vou encontrar essas pistas... Kepler é um pitagórico... na Matemática... na beleza das figuras... na simetria das figuras... quantos são os planetas... conhecidos... são seis... cinco poliedros... quem sabe por trás dessa ordem... dessa organização toda... não está uma separação matemática (...)

P: (...) qual era a função da religião nas suas crenças... isso eu não sei... não posso dizer está... porque a gente normalmente quando lê os artigos... o foco está exatamente no fato do Kepler ser um pitagórico... a importância que vem lá de trás nessa filosofia... filosofia de trabalho (...)

E11: (...) professor... eu acho que ele foi usado... muito mais que o Galileu... o Kepler..., mas lendo o texto parece que as pessoas na época tentaram não citar muito ele... porque se ele tivesse errado... eles iam ser meio que feitas de bobas... assim... bobos na frente dos outros... ele só teve o trabalho reconhecido muito tempo depois... muitos anos depois... quando Newton veio... e aí a gravitação etc (...)

E11: (...) Galileu foi acusado... teve que ficar preso depois de um tempo... em cárcere privado etc... mas... e Kepler... não teve problemas? (...)

P: (...) não teve... porque ele era luterano (...)

P: (...) mostrando que seu estudo é compatível com os dados que você tem... são confiáveis... e tal... sim..., mas as coisas nós estamos vendo... o que é que a gente vê com isso... que os novos conhecimentos... os novos conceitos não são aceitos assim... de uma hora para outra... eles precisam ser assimilados... às vezes demora um tempo... como foi muito bem colocado... só com o Newton é que vai se dar valor a isso (...)

C: Posicionamentos que vieram à tona após o E18 defender a possibilidade do uso da HC no Ensino Médio:

E17: (...) eu acho que a Matemática é fundamental... eu acho que lógica é mais fundamental que qualquer ensino de História... eu acho... que vai despertar um pensamento crítico assim no aluno... é o pensamento lógico... do 2º grau... do ensino básico... eu acho que... eu prezaria muito mais a Lógica... mais ainda do que a Matemática do que o ensino de História... porque... não adianta o cara ler História sem ter um pensamento crítico... sem saber o que pensar sobre aquilo ali... quais são as perguntas possíveis... eu acho que a lógica seria fundamental para despertar um pensamento crítico... um pensamento racional... um pensamento que leve a várias perguntas diferentes... então eu prezaria como professor muito mais o ensino matemático... da lógica aristotélica... lógica mesmo... básica... para... com o intuito de desenvolver o pensamento assim... eu acho que seria mais efetivo do que um ensino de História sem crítica... porque vai ficar... o cara vai ter que decorar a História (...)

E4: (...) perceber que as coisas não caem do céu... que deu trabalho... demorou muito para ser construído... aquela tua fórmula ali... as coisas não são assim... do nada (...)

P: (...) investir no pensamento lógico tem vantagem... claro... aí as coisas vão operar... com certeza esta pessoa vai achar que as coisas caem do céu... que não precisa de contextualização... e por aí vai... que as coisas são tudo lineares... a ciência vai galgando cada passo... cada passo... sempre no presente... não tem idas e vindas... não tem hesitações... não tem erro... e daqui a pouco se a pessoa acha que... não vai poder contribuir desse jeito... como é que faz... o aluno ver nenhum problema... tudo funciona assim como uma máquina tem... acertado (...)

P: (...) então o que é que está por trás disso... é a resistência à aceitação do novo (...)

P: (...) então essa é a nossa História da Ciência... ela é mais um elemento agregador aí... só... ninguém está dizendo que ele deve ser... sobre ela deve ser lançada todas as luzes... ninguém está dizendo isso... mas eu acho que... tudo fica mais brilhante quando a gente pega e bota o foco um pouquinho aqui ou ali... ou ali... sabe a gente enxergar coisas que antes que os nossos livros não nos permite enxergar... quando a gente não usa desse referencial... e a gente vai continuar achando que Galileu enunciou o princípio da inércia... que a maçã caiu na cabeça de Newton e por aí vai... que o Arquimedes lá saltou da banheira... nada a ver... então... mas há quem goste de fábulas... de lendas... elas também ajudam também a entreter (...)

P: (...) então quando eu falo na História da Ciência por exemplo aqui para nós... quando a gente está contextualizando... ah como é importante contextualizar..., mas que contextualização a gente faz... só a nível interno... a ciência tem sua dinâmica... sabe como se ela...

se desenvolvesse... em percalços aqui ou ali independentemente de ações externas sobre ela... nem dela sobre o contexto..., mas o que é que significa contextualizar... não significa ter... Newton estava lá... em que contexto Newton estava... não era interessante para ele casar nem nada... outros cientistas que são pegos na revolução francesa... e alguns são atingidos drasticamente pela revolução... então a gente vê que com a devida contextualização é muito mais ampla... só que quando a gente vê essa dinâmica interna do conhecimento já é complexo... isso já é uma matéria muito complexa... imagina a gente está trazendo aspectos histórico-econômicos... sociais... políticos... algumas coisas a gente até faz quando... ah diz lá... um era luterano tinha mais liberdade... o outro era católico... estava vivendo um regime mais apertado... mais controlado... muito mais controlado... mais isso aí faz parte... não faz... então... aí vocês vão ver um pouco mais do Planck... o Planck... o que que levou o Planck à Ciência... tinha... a indústria alemã estava com um tremendo problema... de ver como se media as temperaturas nos fornos lá... então era interesse entender o espectro da radiação... por questões práticas... o Planck sabia do problema... o Planck se interessou por isso... aí os motivos que levaram o Planck à Ciência são outros... não tem problema prático na indústria alemã... tem... e algo que tem gente que vai se interessar pra resolver isso... então é um conjunto que faz a beleza da obra... um se interesse por uma coisa o outro se interessa por outra... a gente está vendo uma parte só... quem se interessar por contexto de determinada época vai ter que ler mais coisas que influenciou da ciência... ou não influencia... adianta tu teres lá uma ideia de projeto e não tiver linha de pesquisa para aquilo... não... não vai conseguir desenvolver seu projeto se precisar de dinheiro... então... ou desenvolve sozinho... se precisar de recurso... não vai conseguir desenvolver seu problema... então existem políticas públicas que direcionam as pesquisas para certas direções e pronto... quer mais interferência maior do que isso (...)

Aula 10

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana”, capítulos 1 (Sobre René Descartes) e 2 (Sobre Isaac Newton) - o capítulo 1 introduz Descartes, destacando algumas de suas obras e a trajetória que o levou a bem conduzir a razão e procurar a verdade nas ciências, segundo o próprio Descartes. O capítulo 2 apresenta uma ideia geral da obra de Newton, mostrando de um lado a diversidade de seus interesses e de outro como o conceito de racionalidade, na ciência, não é de fácil definição ou consenso.

Para tanto, os capítulos 1 e 2 foram divididos nos seguintes subcapítulos: Capítulo 1 - Para bem conduzir a razão e procurar a verdade nas ciências; Capítulo 2 - As revoluções de Newton; O último dos magos e o primeiro dos cientistas.

Discussão dos capítulos 1 e 2 do livro de textos intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana” – Sobre René Descartes (capítulo 1) e Sobre Isaac Newton (capítulo 2).

C - Comentário de E17 logo após E1 tecer sua impressão sobre o método de Descartes, descrito no livro-texto, de fazer ciência:

E17: (...) não surge dele... tem uma história de pensadores por trás do pensamento dele... eu acho que ele estava alugando essa história aí... ele estava se promovendo demais... de uma maneira... ele vai

construir... o senso comum diz ah... o Einstein construiu a relatividade a partir do nada... é a mesma coisa... ele dá a impressão assim... eu tive essa impressão... de que ele construiu tudo (...)

C - Posicionamento que emergiu após o professor comentar: “Newton escreveu nos *Principia* que Deus interfere no mundo a seu bel-prazer”:

E10: (...) *mas como ele pode defender uma teoria... que pode sofrer interferência a qualquer momento (...)*

C - Resposta à E5 que perguntou se era verdade que os *Principia* foram o primeiro paradigma:

P: (...) *A Óptica também... a Óptica é... tu descobres por competição não tem paradigma... não tem conjunto mais ou menos assim... a estrutura vai ser contestada pelo Huygens (...)*

C- Comentário feito pelo professor após explanar sobre o conjunto de coisas desenvolvidas pelo Newton (revolucionou a Matemática; na Óptica, construiu o telescópio refletor; Alquimia, publicações...):

P: (...) *O Newton é realmente... é fantástico... o homem era convicto (...)*

C - Comentário realizado pelo professor em meio as discussões dos trabalhos desenvolvidos por Newton:

E8 (...) *mas tem influência do outro... eles têm influência (...)*

P: (...) *isso é muito importante para quem define um método científico... o método... como veremos até o próprio Newton tem métodos diferentes... o método de Newton dos Principia é diferente do método do Newton da Óptica... o próprio Newton vai dizer isso (...)*

Aula 11

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana”, o capítulo 3 (A física e a cosmologia cartesiana) - explicita como Descartes estabelece o princípio da inércia e chega à primeira explicação mecânica para a gravidade a partir do delineamento de uma teoria especulativa sobre a formação progressiva dos astros. É também a partir de movimentos e de tendências de movimentos da matéria que compõe os céus dos corpos celestes que Descartes explica o que é a luz, examinando as suas principais propriedades.

Para tanto, o capítulo 3 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, A verdade evidente em Descartes, O princípio da inércia, Prelúdio a um novo mundo, O nascimento de um novo mundo, Sobre o movimento de cometas e planetas, Céus em torno de planetas: os satélites e a explicação mecânica da gravidade, Sobre a luz.

Discussão do capítulo 3 do livro de textos intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana” – A física e a cosmologia cartesiana.

C - Relato de E7 após o professor perguntar como foi o minicurso História da Física, ministrado pelo professor Roberto Martins (UNICAMP):

E7: (...) *mas ele passou bem esse... que a descoberta não é feita ao acaso... pelo que a História da Ciência conta... parece que... o cara estava lá sentado debaixo da macieira... caiu uma maçã e descobriu... ele passou bastante isso (...)*

C - Após E11 supor colocar Aristóteles para conversar com Descartes sobre Deus (es):

P: (...) *e o que ela colocou é interessante porque não dá para se comparar certas coisas em épocas diferentes... então nunca a gente poderia pegar o Aristóteles... vem cá conversar com o Descartes aqui sobre (...)*

C - Posicionamento de E8 por não achar que seja um absurdo Descartes usar Deus como uma causa para suas ideias (em edificar as bases de seu conhecimento em ser divino). E8 ainda citou o Kepler como outro exemplo disso:

E8: (...) *eles tinham uma formação religiosa muito forte... eu não considero nenhum absurdo (...)*

P: (...) *se tu tens uma ideia para resolver algum problema... e tu consegues resolver o problema... o que vai nos interessar aqui a tua fonte de inspiração... em nada... foi resolvido o problema (...)*

E17: (...) *de repente... tipo... para mim o absurdo maior... não ser tão difícil... ser mais... tipo... o Deus como verdade e mais como uma hipótese... de repente... o Deus seria uma hipótese... e não uma verdade que ele assumiu cara... essa é a questão para mim... tipo... exatamente para Filosofia... para história da Filosofia... tipo... ninguém... conta uma verdade... Deus não é verdade... para explicar... Deus devia ser uma hipótese e não uma verdade (...)*

C - O professor se referia ao questionamento de E18 que achou estranho a colocação da intuição como algo divino:

P: (...) *então não é assim... ah eu tive uma intuição de que... pum... não é assim... olha o que o Descartes fez... ele não saiu mundo afora? Ele não conversou com multidões? Não se encerrou para pensar? Tem todo um processo... não é uma intuição qualquer... que tenho agora... que eu vou... sair aqui... vou resolver alguma coisa... tem todo um tempo de preparação... então... essa é uma intuição especial... no sentido de que... bom... varri as partes do erro... acho que consegui varrer todas elas (...)*

E18: (...) *o senhor concorda comigo que mesmo com esse argumento... por exemplo... eu não diria que os outros cientistas contemporâneos de Einstein estudaram menos... esforçados... dedicados ou avaliaram menos... eu justamente acredito que nada virá do acaso... a vida que ele teve... as experiências únicas que ele participou... eu não estou falando de experiências... ah meu Deus... eu ele foi para não sei onde... não... às vezes aquelas coisas mais estúpidas... que você não dava valor... aquela conversa mais idiota sobre uma maçã estragada... vai te dar um insight... 10 anos depois sobre outra coisa que não tem nada a ver com isso está... como o ser humano é construído... isso é uma coisa muito complexa... que nunca vou ter capacidade para exprimir aqui e para entender a evolução toda do cérebro humano..., mas enfim... eu acho o argumento dele bonitinho... mas não convence (...)*

P: (...) *quantas pessoas tiveram ideias espetaculares... que não são lembradas e morreram e que ninguém sabe... não conseguiram encontrar as pessoas... outros... que dissessem olha parece interessante... quando tiver uma oportunidade... o Descartes coloca as ideias... e as pessoas aceitaram bem... muitas delas aceitaram bem... então é assim... a gente pode discordar e acho ótimo discordar... se eu vou assegurar a origem de todo o meu conhecimento sobre um ser especial diferenciado... eu posso fazer isso... agora se as pessoas acharem... não é boa essa tua ideia... elas vão procurar outras... outras... outras... e outras explicações e não essa... então esse é um problema seríssimo... o problema da... do começo de tudo... aonde que eu começo a estrutura conhecimento que eu sei que vai ser uma base boa... sólida e a partir daí... segura... a partir da onde... por isso os empiristas vão dizer... a partir da experimentação... da coisa que eu estou vendo... que ele está vendo... está concordando e tal... do linguajar comum... do*

método que começa aparecer... da reprodutibilidade desse experimento... numa época agora no século XVII onde... como eu falei para vocês... a ciência está mudando... muda... e ela começa a ficar parecida com essa que a gente conhece... pelo menos no que se refere à experimentação... às vezes o conhecimento é... um problema sério... então temos um núcleo... que se refere ao conhecimento no contexto da justificativa... que é esse que a gente está vendo... e o contexto da descoberta... que eu falei para ele... ainda a pouco... o contexto da descoberta... o insight que eu tivesse... vai interessar para as pessoas qual a origem dele... qual foi a fonte... da onde que tu estruturaste isso aí... da onde que te veio a ideia... ah foi de uma coisa que me ocorreu de lá há 10 anos atrás como tu disseste... oi foi de uma inspiração divina... por que... sei lá... eu achei que vi alguma coisa e aí... isso me deu um luz... não interessa... isso é o contexto da descoberta... ele é o mais inexplicável... estranho... impossível... imaginável não é... então as pessoas vão dizer assim... ele não é importante... o importante é o contexto da justificativa... esse... porque que eu vou... eu estruturei meus conhecimentos desse jeito... quais foram os passos... tudo mais... aí esses que aparecem nos nossos livros-textos e tal... os autores dos livros não ficam dizendo porque eles estruturaram o conhecimento daquele jeito... não ficam dizendo isso... não interessa isso... as pessoas quando fazem suas descobertas... elas não dizem... como é que eu descobri isso... uma outra discussão... o Einstein vai dizer por exemplo... tem vários experimentos que foram importantes para mim... o experimento do elevador... aquele e tal... princípio da equivalência... por aí..., mas é... isso é um pequeno exemplo de uma multidão de coisas que deve ter aflorado... passado pela cabeça dele... e que não se conta... não se conta (...)

E11: (...) professor..., mas... professor... eu fico curiosa... professor... tu também não ficas curioso de onde a pessoa teve aquela ideia... eu acho muito incrível tentar... a pessoa falar de onde surgiu a ideia dela (...)

P: (...) e tu achas que todas as coisas são... tu consegues... como eu vou te dizer... consegues articular todos os seus pensamentos... quando tu estás dormindo tua cabeça está pensando... de repente vem a ideia... como é que a pessoa vai saber qual é... como é que apareceu aquilo... houve uma ideia... estalo... agora eu sei fazer... então o cérebro atua no subconsciente também... todo teu pensamento não é um pensamento... e tal... não é assim... se fosse assim... tudo seria visível... tudo seria claro... o cérebro seria uma coisa que abre as portas... tu entras ali e vê como funciona... então algumas coisas... o eureka lá do Arquimedes... como é que ele teve aquela ideia... de repente ele estava lá pensando... pensando... pensando... de repente as coisas se uniram lá dentro da cabeça e aí (...)

P: (...) aí a gente teria que ver... este contexto... como é que..., mas alguém pensou de que não pode haver geração do nada... nada vem do nada (...)

E18: (...) se você dizer que ela mude... você vai ter que encontrar uma teoria... que seja melhor que a inércia e que comprove tudo que a inércia já comprovava (...)

P: (...) se a gente achar que o conhecimento muda com o tempo... não vai ter problema nenhum não (...)

C - Comentário feito depois que o professor e E18 começaram a discutir sobre a definição de espaço, e o professor ter dito que as palavras e os conceitos têm que ser claros (uma alusão a Descartes):

E11: (...) *é que eu acho que isso entra mais na área dos filósofos... é que... eu estava... eu escutei isso em algum lugar... cada... cada... cada... partezinha do pessoal da ciência... o físico... o matemático... ele foca em alguma coisa... tipo... a gente é... os engenheiros usam o que os físicos desenvolveram... eles não se importam de entender o que os físicos desenvolveram... a maioria deles... os físicos usam em geral... o que os matemáticos fizeram... eles têm que ser bons matemáticos... mas não são matemáticos... eles não se importam com teorias matemáticas... como é que o matemático demonstrou... o matemático se importa em demonstrar... ele quer demonstrar e o filósofo... ele não quer saber... o matemático não vai querer saber o que significa uma demonstração... ele nunca vai pensar... o que é demonstração... agora o filósofo... vai se preocupar... o que é uma demonstração... o que é espaço... o que é... sabe... então eu acho que não está na nossa... a gente pensa nisso... mas não está na nossa área de pensamento... não está no nosso desenvolvimento... o importante para gente é outra coisa (...)*

P: (...) *só que nessa época as pessoas se interessavam por várias áreas do conhecimento... não tem conhecimento especializado ainda (...)*

C - E11 indagou sobre a presença dos elementos da física aristotélica na física cartesiana:

E11: (...) *professor... esta parte... tipo... ele quis abandonar as ideias de Aristóteles..., mas ele volta a citar os elementos (...)*

P: (...) *então não se abandona as coisas... você abandona algumas coisas de um conhecimento tão forte... tão solidamente estruturado... você vê que ele fica ainda com o conceito de elemento de Aristóteles (...)*

C~ O professor se referia à disputa entre a física newtoniana e a física cartesiana:

P: (...) *então ele estava perguntando se foi aceito... foi... muito bem aceito... tanto que é verdade que os newtonianos vão levar 50 anos para que o Principia seja aceito... qual é o obstáculo do Newton... não é a igreja... o obstáculo do Newton são os cartesianos... então... como veremos mais um pouquinho... logo... logo... em seguida... o sucesso do Newton é tão grande que quando ele galga certos postos... nós vimos que o Newton também foi presidente da Royal Society... que ele começa a nomear nas universidades inglesas gente... que... tem simpatia com o Principia (...)*

C - Aqui E7 disse que o Roberto Martins falou no minicurso História da Física que o Newton usava sua influência política contra seus adversários:

E7: (...) *que ele usou a influência política que ele tinha contra, por exemplo, contra o Leibniz(...)*

P: (...) *então vê que para um conhecimento... eu tenho dois focos de conhecimento e eles são antagônicos... um tem que ser vencedor... vale qualquer coisa... não é só ali bonitinho... vamos dialogar... vamos ver está... tem influências externas... não tem... e tem muita... acabei de dizer para você(...)*

P: (...) *isso... de acordo com Descartes... a gente tem que procurar entender... como é que ele concebeu isso... é uma coisa... tão assim... estapafúrdia... tão assim... ridícula... não é... ela faz uso de conceitos que a gente sabe... sistema... conceito de sistema físico... os corpos andam juntos naquele sistema... por isso que a gente não*

sente que está numa terra em rotação... porque a gente faz parte desse sistema... será se a Terra girasse numa velocidade muito maior a gente ia sofrer as consequências disso... digamos (...)

Aula 12

Conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana”, capítulo 4 (A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física) - o que, afinal, se conserva em uma colisão é a tônica dos assuntos explorados. No âmbito da mecânica, é a lei da conservação da quantidade de movimento, enunciada por Descartes a partir do seu entendimento sobre como se deve investigar a ciência, e não o princípio da inércia, que atrai o interesse dos cientistas do século XVII.

Para tanto, o capítulo 4 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução; Choque perfeitamente inelástico; Choque elástico; A medida de uma “força”; A conservação da “força viva”; A conservação da quantidade de movimento em uma colisão: os estudos newtonianos; A concepção clássica de força; A relação que traduz em linguagem matemática atual o enunciado “A variação do movimento é proporcional à força motora impressa e tem a direção da força”.

Discussão do capítulo 4 do livro de textos intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana” – A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física.

C - O professor iniciou a discussão do capítulo 4 pedindo a E16 para falar um pouco sobre o capítulo. Na fala, E16 parecia se referir ao matemático inglês John Wallis (1616-1703):

E16: (...) como é que ele chegou nessa fórmula aqui... da queda... do choque perfeitamente elástico?... é empírica? ... como é que ele chegou nessa fórmula? (...)

P: (...) não tem como chegar empiricamente... por que não? Claro... por que não tem como chegar? Por que não tem como chegar? Porque ele não sabe nem medir velocidade... muito menos massa (...)

E16: (...) ele joga a fórmula... ele chegou (...)

P: (...) se a gente for se expressar numa relação matemática o pensamento que está por trás daquela discussão... a gente se expressaria desse jeito... não tem... não tem como... pum... vai medir a velocidade... não tem como medir velocidade instantânea... a gente já a dificuldade que o Galileu teve como medir a... em procurar passar da medida de velocidade instantânea para uma outra que distância com o tempo onde podia... chegar (...)

E18: (...) isso se baseia no estudo de Descartes... o Descartes também tinha essa ideia de construção do momento (...)

C - Aqui o professor se referia ao experimento de pensamento (experiência do barco) e ao experimento do pêndulo realizados pelo matemático, físico e astrônomo holandês Huygens (1629-1695):

P: (...) experiência de pensamento... como é que ele... corrobora essa ideia? Aí sim... concretamente... através da experiência dos pêndulos ali... não é verdade? (...)

P: (...) mas a gente está vendo que a construção do conhecimento... ah... e como que se aproxima exatamente de uma coisa agora que se imagina da... da experiência concreta num determinado fim... então agora a gente está nesse espírito aí... a experimentação é importante... ela vai fazer parte da construção do conhecimento (...)

E10: (...) as coisas parecem que começaram a avançar muito mais rápido (...)

C - Após E10 comentar que as coisas começaram a avançar mais rápido porque a experimentação, na época em discussão, já fazia parte da construção do conhecimento:

P: (...) *é para ver como a velocidade das... que as coisas tão se processando... estão mudando de forma tão rápida(...)*

E11: (...) *conhecimento está lento... parece que foi construído de forma lenta... ele ficou rápido... deu um bum e minha impressão... é que agora ele está lento de novo... não acontece nada de extraordinário... nada comparado com a revolução que acontece nessa época (...)*

P: (...) *depende... depende da parte da ciência(...)*

C - E18 se referia à teoria newtoniana em meio à discussão sobre desenvolvimento de tecnologia versus aplicação da tecnologia; conhecimento versus tecnologia; pesquisa básica versus pesquisa aplicada:

E18: (...) *uma teoria que vai até hoje... e vai passar de hoje... vai passar séculos... vai continuar valendo... não sabe até quando, mas ela por enquanto ela está valendo (...)*

E14: (...) *só que para chegar até este ponto muitas outras coisas foram construídas... não foi (...)*

C - Após o professor retomar a discussão do capítulo 4:

E4: (...) *a igreja começa agora a perder um pouco... a sua autoridade a partir desse ponto? Ou ela não tem tanta diferença? (...)*

E2: (...) *o fato deles proporem uma experiência com pêndulos é resultado já da imposição do método indutivo de Descartes ou é coisa do método indutivo de Bacon? (...)*

E7: (...) *sem contar que Newton tem as ideias dos anteriores... Descartes (...)*

P: (...) *sem contar que o Newton está em todo um contexto ali onde está sendo discutido a colisão... ele é mais um dos que se interessam pela colisão... está totalmente influenciado por todas essas ideias (...)*

E2: (...) *sem fazer injustiça com o Descartes..., mas esse problema do método é importante para ele (...)*

P: (...) *então o Newton vai dizer eu tenho que estruturar conhecimento em bases sólidas... a experimentação é base sólida, mas para ele fazer a experimentação... construções teóricas tem que está girando na cabeça (...)*

C - Após E11 perguntar: o Descartes era racionalista, e o Newton?

P: (...) *ah Newton é um baconiano bem diferente inclusive para ele mesmo... ele cita... ele é um tipo baconiano... experimentalista... tudo a partir da experiência que eu vou construir as bases de meu conhecimento... acredita nisso? Se Newton dissesse assim... não viu aquela citação que tinha no início lá do (...)*

C - Citação de Newton que dá a entender que se deve fazer ciência a partir de observações e de experimentos:

P: (...) *que é que dá a entender isso... que é a partir de experimentos... da observação é que eu vou... enfim gerar conhecimentos..., mas não é assim... olha só o conceito que Newton cria de espaço absoluto... sem esse conceito a física dele cai por terra... então onde é que está o observável aí... o espaço absoluto como observável..., mas ele está dizendo claramente aqui (...)*

E18: (...) *é que eu sempre achei essas definições de racionalismo... empirismo... acho coisas meio difíceis... muito rígidas... como eu não sei... toda criança... toda criança é um cientista por natureza... elas não pensam racionalmente antes de começar a ver uma coisa... o que é que acontece... elas vão ver um fenômeno... vão pensar sobre*

ele... vão criar uma teoria e vão utilizar outros experimentos para tentar comprovar o que eles pensaram... o experimento... ele faz parte... ele motiva mas também comprova e tem uma teoria lá no meio... eu não consigo pensar como é que tu vais querer só com prática comprovar alguma coisa ou só com teoria... é... dói escutar isso... e eles tem esta coisa neles fixa... parece que é meio... mas é a impressão que eu tive(...)

P: (...) o empirismo puro não leva a nada nem mesmo a experiência... isso aí eu falo com a citação do Poincaré... um historiador... ele vai dizer isso... como é que eu vou fazer o experimento se eu não sei... o que que eu quero... será que a cor vai influenciar? Pô que coisa mais boba a cor influenciar no experimento, não é? Ah vocês vão ver que influenciou sim lá nos experimentos sobre eletricidade (...)

E11: (...) professor, mas... só a experiência sem base teórica não leva a nada... só a teoria sem comprovação (...)

P: (...) é o Descartes... aí não adianta nada... porque ele tem... aí ele está no âmbito só da Filosofia... não está no âmbito da Física... os dois extremos não são bons... quer dizer são caricaturas... digamos assim está... quer dizer... Descartes... ele... não percorreu o mundo? Não interagiu com vários conhecimentos? Não leu vários livros? Então os problemas apareceram para ele fruto da interação dele com o mundo... não foi? Então ele não se encerrou desde pequenininho lá... se ele pudesse se encerrar desde pequeno... e ficava imerso... em que? Em que ele vai pensar? Em nada... ele vive no mundo, mas só que ele acha que tem que estruturar conhecimentos varrendo as fontes de erro... foram aquelas a gente já viu e tal... faz sentido? Isso não quer dizer que eu não vá poder fazer na estruturação do meu conhecimento... fazer essa combinação da experiência de forma mais ágil... o Descartes não... o Descartes estrutura todo o conhecimento e depois vai testar... quando na verdade... quando a... a menina vai mostrar pra vocês... que numa época... no começo dos experimentos históricos da eletricidade era... o diálogo entre experimento e teoria era... sabe... ali... no ato... e assim que iam se construindo os conhecimentos... um cientista fazia uma coisa e o outro reproduzia tal qual e depois acrescentava... mudava aqui... mudava ali... e viam bons resultados... então não são experimentos ao acaso... não são experimentos... dentro de uma... dentro de uma problemática... sei lá (...)

E18: (...) é que eu achei curioso porque Descartes faz aquela analogia com a Arquitetura... um arquiteto só de vários... eu achei curioso porque a ciência... ela vem funcionando com base nessa... ultimamente... é simples... tipo... tem os grandes assim geralmente... hoje em dia a gente vai trabalhando com uma equipe de arquitetos que vão trabalhando juntos (...)

P: (...) tu vê... quer coisa mais pedante do que essa que tu disseste? Ainda de forma humilde... muitas pessoas fazendo... dialogando não vai dar em nada... tem que ser uma que pense... que estruture e aí a obra vai ser completa... então tu olhas tem que ter cuidado porque não tem remendo... é coerente... é compatível... ele explica... é uma coisa só... o que está dizendo assim... não é opinião de várias pessoas que tem diferentes pressupostos e tal e tal... não... tem que ter a cabeça de uma pessoa que pense... que pensou...e foi... esse conhecimento é único... sólido... alguma coisa se desencadeou (...)

C - Durante uma discussão sobre a aplicação do conceito de quantidade de movimento, o professor falou em tom de brincadeira:

P: (...) *não é assim que todos podem produzir... em princípio... teoricamente sim..., mas... a gente sabe que são só os gênios que produzem... ou não? É verdade? (...)*

E10: (...) *eu estou brincando professor (...)*

Aula 13

A aula 13 - conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana”, o capítulo 5 (A gravitação newtoniana) discute a gravitação universal newtoniana, enunciada no livro 1 dos *Principia* e aplicada ao movimento celeste no livro 3.

Para tanto, o capítulo 5 foi dividido nos seguintes subcapítulos: À guisa de introdução; A correspondência de Newton com Hooke; Sobre o significado dinâmico da segunda lei de Kepler e a lei da força centrípeta para o movimento em uma cônica; Regras para filosofar; Fenômenos; A lei da força centrípeta para órbitas circulares; A lei da gravitação para órbitas circulares (centro de força fixo); Aceleração da gravidade para pontos na superfície da Terra e externos a ela; O sistema Terra-Lua; A queda da maçã e o seu significado no contexto da gravitação universal; A breve correspondência com Flamsteed e o encontro com Halley; A dinâmica newtoniana como generalização das leis de Kepler – crítica à posição empírico-indutivista.

Discussão do capítulo 5 do livro de textos intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana” – A gravitação newtoniana.

C - O professor leu o trecho dos *Principia* que diz respeito a um experimento com pêndulos realizado por Newton. O questionamento referia-se à linguagem utilizada por Newton nos *Principia* e após E4 mencionar que no *Óptica* Newton é bem detalhado:

P: (...) *está claro? O que quer dizer isso aí? ... O que quer dizer isso aí? ... O que é esse resultado que eu acabei de ler? ... depois vocês podem dar uma lidinha aqui para ver o que o Newton fala (...)*

E8: (...) *ainda bem que existe transposição didática... risos (...)*

P: (...) *agora talvez não tivesse outra maneira de apresentar acessível às pessoas... tanto que na Óptica... na Óptica ele é muito mais claro... eu estou com uns livros lá ..., mas eu trago na próxima aula para vocês verem... é... na Óptica é fácil de ver não nenhuma Matemática como essa... nada... um outro livro (...) do mesmo autor... forte? (...)*

C - E3 e E4 perguntaram quanto tempo depois dos *Principia* Newton escreveu o *Óptica*:

P: (...) *Digamos que uns... depende... depende... digamos que quando o Newton... a Óptica foi em 1704... o Principia foi antes disso 50 anos antes... mas é que o Newton já tinha desenvolvido um monte de trabalhos fortes... ele começou a... as primeiras aulas que ele deu foi em Óptica então ele tinha muita coisa escrita... inclusive várias cartas lá... depois ele adaptou... transformou deixou mais e... transformou em um livro... porque só ver o livro foi muito tempo depois... já tinha feito alguns experimentos... depois que apareceu na forma de um livro... muitos trabalhos do Newton sobre cores... o prisma por exemplo (...)*

E4: (...) *o Newton... ele não era de publicar as coisas(...)*

P: (...) *ele não publicou os outros materiais... as outras... os outros interesses dele que ele não publicou (...)*

E4: (...) eu li no livro que o autor falava que ele levou muito tempo para publicar... algumas coisas ficavam guardadas... ele não publicava (...)

P: (...) vocês percebem... uma publicação é tempo que se perde (...)

C - Após E4 se referir ao trabalho de Newton sobre Alquimia:

E4: (...) eu nunca vi... sempre procurei, mas nunca vi nada sobre o trabalho de Alquimia de Newton(...)

P: (...) é porque eu acho que não tem comprador... para essa ideia (...)

E18: (...) eu sempre tive curiosidade de como era esse trabalho... penso em Alquimia... penso logo num cara transformar... qualquer coisa... um isqueiro em ouro assim... só que imagino que não era esse o trabalho de Newton... ele não era um ser humano... eu não acredito que ele ia pensar nesse tipo de coisa... eu fico bem curioso (...)

P: (...) O quê que o Newton queria com a Alquimia? (...)

C - Ainda em relação a pergunta feita pelo Professor:

E18: (...) eu mesmo leio... eu também julgava ele... se ele estava sendo um alquimista ou se estava de novo pensando a frente do que todo mundo pensava e ele foi simplesmente condenado de novo porque as pessoas não conseguiram enxergar o que ele estava vendo (...)

E8: (...) ele estudou Alquimia lá na época... talvez ele não estivesse se preocupando com o conceito que ele estava estudando... ele achou que ele ia encontrar resposta naquilo que ele pensava... naquilo que ele estava estudando... então Alquimia (...)

P: (...) Newton achava que tinha mais coisa dentro da matéria... ele não estava lá interessado na riqueza... a riqueza era outra... a riqueza do conhecimento (...)

C - Continuação dos slides referentes ao capítulo 5:

P: (...) intuitivamente sendo se uma força apontando para o centro porque o objeto não vem para o centro? Hooke percebeu isso... Hooke vai dizer que tem balanço entre velocidade... o raio da trajetória... ele consegue ver isso(...)

P: (...) não acharam aí espetacular essa... essa intuição? Da onde vem isso? (...)

E2: (...) essa intuição não está prevista no método científico (...)

P: (...) não está previsto no método científico... não está é... ótima observação... cadê a intuição no método científico... então... não tem uma receita para se produzir conhecimento... de repente a pessoa resolveu pensar de uma forma como essa e ele gera frutos... que vai fazer o Newton trilhar outro caminho (...)

E7: (...) nessa época o Newton já tinha o prestígio que tinha, de ser um grande cientista, um cara que resolvia todos os problemas? (...)

C - Depois que o professor mostrou como Newton procurou responder a pergunta feita por Hooke: que tipo de curva resulta de corpo submetido a uma força variar com o inverso do quadrado da distância?

E7: (...) ele tinha pensado numa possível gravitação aí?

P: (...) aí ele já está escrevendo o livro não é... aí já sabe o que tem que mostrar não dá para pegar... por exemplo se eu for pegar o Principia e olhar que ali tem uma ordem histórica do que ele está fazendo... não! Já tem o produto do conhecimento que ele vai colocar da forma mais conveniente... já construiu agora vai colocar... aí a gente não tem ideia do processo histórico... não tem... vai colocando tudo... vai apresentar para o leitor a física dele, certo? (...)

P: (...) então o quê é que o Newton faz... ele mostra que para uma elipse a força é por $1/r^2$... mostra que para uma parábola é por $1/r^2$... mostra que para uma hipérbole é por $1/r^2$ e depois vai àquele problema original: se a força é por $1/r^2$... qual é a curva? O Newton vai dizer: depende da velocidade... pode ser uma hipérbole, uma elipse ou uma parábola... e era aquela pergunta que ele fez lá adiante há tanto tempo depois que o Hooke fez... e o Hooke e outros que estavam experimentando se fosse $1/r^2$ que curva é? Então vejam que eles... os estudiosos pressentiam a intuição... de que... bom... não precisa ser necessariamente uma elipse porque se não a resposta já estava dada... Kepler não tinha mostrado que a trajetória era uma elipse... já estava dada a resposta... aí então aquela intuição que as pessoas tinham... acho que as coisas não são tão diretas assim (...)

E10: (...) você sabe quanto tempo ele levou a essa pergunta e o que o fez chegar até esta conclusão... lá tem escrito que é muito mais fácil supor alguma coisa do que (...)

C - Perguntas referentes às regras para filosofar de Newton:

E2: (...) professor... como ele identifica que é uma causa verdadeira? (...)

P: (...) ele não está dizendo verdadeiro no sentido de Descartes... na base da experimentação... é que ele está dizendo... verdadeiro não é absoluto ali... verdadeiro é aquilo que a gente inclui a partir da experimentação... não é o verdadeiro Descartes... verdadeiro assim incontestável..., mas só que... diz em outro lugar que a gente pode induzir conhecimentos até que outras experiências nos mostre (...).

E8: (...) porque se... algumas coisas são pertinentes para integrar fenômenos até que apareça alguma coisa que passa a ser pertinente para integrar fenômeno... então... ela é uma regra limitada (...)

P: (...) o que está por trás dessas duas? E que a natureza tem um comportamento simples... que a gente tem que tentar entender isso... o que está por trás... essa que é a mensagem que está aí... bom do meu ponto de vista (...)

C - Referindo-se ao E14 quando mencionou a generalização em meio à discussão sobre as regras para filosofar de Newton:

P: (...) generalização... com base sólida... eu vou induzir com bases sólidas... aí tem este problema... a crítica a indução... é justamente o que ele falou ainda a pouco (...)

C - Discussão sobre uma historinha em quadrinhos da Magali (slide) que tratava da descoberta da lei da gravitação universal de maneira simples:

P: (...) quais são os problemas que a gente pode detectar nesta pequena história? Primeiro as coisas positivas para depois... primeiro o bom depois o não bom... bom... divertido... risos... nosso ponto de vista o que seria então problemática aí? (...)

E3: (...) eu acho que as crianças conseguem associar muito melhor... Newton com gravidade... mesmo assim eu acho que isso ajuda depois (...)

E1: (...) ajuda, mas pode atrapalhar no sentido dela... endeusar o cientista (...)

P: (...) a ideia do gênio que... que mais? (...)

E14: (...) que num 'start' descobriu que (...)

E4: (...) a sensação que está ali é que ele descobriu a gravidade... descobriu a gravidade... num estalo (...)

P: (...), mas quem disse que ele não estava pensando antes? Depende do ele estava pensando antes (...)

C - Durante o breve apanhado histórico, realizado pelo professor, da trajetória de Newton até a lei da gravitação universal:

P: (...) o certo é que o Newton se interessa pela questão dos cometas... ele vai a busca... em busca do maior número possível de dados que se possa ter sobre os cometas e aí... não há como deixar de exaltar a intuição e a genialidade do Newton... que o Newton consegue perceber pelos dados que ele tem de diversos cometas... ele consegue ver que alguns daqueles cometas tem retorno... então esse estudo que o Newton faz envolve uma grande reformulação(...)

C - Após o professor discutir o motivo pelo qual não se pode induzir a lei de gravitação universal a partir das Leis de Kepler:

P: (...) por que eu não descarto a Teoria Newtoniana da Gravitação se eu não vou... se a teoria não vai poder explicar o movimento de Urano... não é assim... quando a teoria não dá conta... não fecha com os dados... com os dados observacionais... o quê que a gente faz? Questiona a teoria..., portanto o Urano não foi descoberto observacionalmente, mas não apresentava órbita que deveria aparecer... que deveria ter... então deveríamos eliminar a teoria..., mas foi isso que foi feito? Que a teoria já está indicando... olha possa ser que tenha mais um corpo... a própria teoria diz isso, não é? Mas o meu problema está o quê? Que a teoria... então... o problema está aqui... o nosso sistema não está com todos os elementos que deveria ter... está faltando um planeta que talvez responda por esta perturbação que existe na órbita de Urano... aí apareceu Netuno... e a mesma coisa aconteceu com Netuno... depois o antigo planeta Plutão... risos... também foi a mesma coisa... então aí a gente tem uma evidência e tanto de que bom... temos que ir com cautela... não é só porque eu tenho uma teoria que não fechou com os dados observacionais... ah eu vou trocar a teoria... não é bem assim... veja que... a gente teve um exemplo recente com Kepler que por alguns minutos(...)

C - Em meio à discussão sobre a genialidade de Newton em trabalhar em várias áreas:

P: (...) existe gênio? (...)

P: (...) Independentemente do gênio ou não... a ciência não é feita só por estas pessoas, não é? (...)

P: (...) tudo era trevas, Deus disse faça-se Newton... quem foi que disse isso? Concordamos ou não?.... Tudo era trevas, faça-se Newton veio a luz... concordam ou não? (...)

P: (...) então não era não... foram muitas contribuições etc... e aqueles que fizeram as observações e não deixaram nomes e que Newton pegou? (...)

P: (...) então Newton fez isso sozinho, não fez... não fez tudo sozinho (...)

P: (...) então se tudo era trevas não valia nada, nada era útil (...)

E10: (...) é como se ele tivesse partido do nada (...)

E7: (...) uma outra citação do Newton que tinha comentado agora que ele olhou em cima do ombro de gigantes... nem mesmo ele acreditava nisso (...)

P: (...) o quê que o Newton disse... cheguei tão longe porque me apoiei em ombros de gigantes... tem outro que disse assim... cheguei tão longe porque eu vi sobre ombros de gigantes (...)

Aula 14

A aula 14 - conforme o professor e autor do livro-texto intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana”, o capítulo 6 (Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação) trata das dificuldades de aceitação dos *Principia*, tanto na própria Inglaterra quanto na França, em particular, e dos esforços que foram desenvolvidos para superar a sua rejeição. Detém-se, particularmente, no problema da (suposta) interação instantânea à distância entre dois corpos e no empenho de Pierre Louis-Moreau de Maupertuis (1698-1759) em levar a física de Newton para a França.

Para tanto, o capítulo 6 foi dividido nos seguintes subcapítulos: À guisa de introdução; Ação à distância, princípios ativos na matéria e outras dificuldades; Sobre o método, em Newton; Qual é a forma da Terra, afinal?

Discussão do capítulo 6 do livro de textos intitulado “Da Física e da Cosmologia de Descartes à gravitação Newtoniana” - Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação.

C - E11 perguntou ao professor o que são as questões da Óptica de Newton:

P (...) *então como é que o Newton diz que tem que se estruturar os conhecimentos? Com base, qual é o fundamento básico para estruturar o conhecimento? A experimentação, a observação, é a partir daí que eu estabeleço as bases seguras. Então essa é a forma do Newton imaginar ou como ele diz, como devo estruturar os conhecimentos, total oposição aquela outra que é só a razão, que sabe, que não tem freio nenhum que é capaz de dizer qualquer coisa, mas as bases estão... não tem solidez nenhuma, não tem ponto de apoio na base da onde começa a emergir os conhecimentos. Então o Newton vê que tem ‘n’ problemas a serem estudados, e aproveita na Óptica para colocar inúmeras questões que ele não se compromete, por que? Porque ele não diz como deve ser, sempre pergunta, ele sempre faz uma pergunta, ele inicia as questões com uma pergunta, deveria ser assim, assim, assim? Então ele aponta, vamos dizer, futuros estudos de coisas que não têm ainda o respaldo da experimentação, da solidez, da base necessária para edificar conhecimento, então ele coloca, por isso ele pode falar das hipóteses, a coisa fica solto ali, porque é tudo na base da conjectura e tal, não tem aquele compromisso que tem com as coisas tão regulares (...)*

E11 (...) *por isso que diz que o Óptica é tão diferente que os Principia? (...)*

E11 (...) *então o professor fala no seu capítulo inteiro sobre o método de Newton e no final desse subcapítulo aparece um parágrafo que eu fiquei (3º parágrafo do livro- texto, página125).*

P (...) *E qual é tua objeção? (...)*

E11 (...) *eu não tenho objeção, mas é que, tá, eu tenho, mas é que é assim, ah... É um suposto isso aqui? Quer dizer então que Newton não usou isso aqui? Então são coisas diferentes? Ele não usou este método que é um método bem estabelecido? (...)*

P (...) *quem estabeleceu este método? (...)*

E11 (...) *não é um método estabelecido? Não é o método científico isso aqui? É isso que eu fico pensando, qual é o método científico? O que é o método científico? (...)*

P (...) *ah entendi agora, você acredita na existência do método científico? (...)*

E11 (...) *não é que eu acredite, é porque me ensinaram a vida inteira que existe um método científico, e ele realmente existe?*

P (...) *acabaram com teus sonhos (...)*

E11 (...) risos... acabaram com o que me ensinaram a vida inteira, quer dizer, não sei professor (...)

P (...) é bolsista do quê? Trabalha com que professor? Ele te deu o quê? Na sua primeira interação com ele, o que ele falou para ti? Ele te deu o quê? O quê que ele te deu? O que ele falou contigo? Incumbiu-te de alguma coisa? O quê que foi?

E11 (...) vamos ler sobre isso, me deu um texto (...)

P (...) ah ele não mandou você olhar alguma coisa para, não? Então não começa pela observação... risos... mandou ler alguma coisa para o quê? (...)

E11 (...) para eu entender os conceitos, para poder fazer algum experimento (...)

P (...) ah está! Então não é qualquer coisa, não te colocou em contato direto com o experimento? Então como pode, como é que pode começar a partir da observação e da experimentação? Se o professor não fez isso não? Risos... é um contraexemplo de que as coisas não começam pela observação e pela experimentação, se não era exatamente o que ele faria, ele te diria assim: o nosso conhecimento aqui é estruturado da seguinte forma... risos... já estão montados para nós, não sei quem foi, mas estão montados... risos... por quê? Porque conhecimento começa com observação, depois vem experimentação, depois vem as hipóteses, essa é a ordem? (...)

E11 (...) isso me deixa com outra coisa, está, então primeiro eu tenho que ter uma base teórica de alguma coisa para poder pensar em um experimento para poder comprovar minha teoria, isso também é um método? Isso não é um método científico?

P (...) isso é, é uma maneira de fazer ciência(...)

E11 (...) uma das maneiras (...)

P (...) outro exemplo lá, eu estou insatisfeito com uma, estou, quer dizer, um exemplo bem diferente desse. Eu estou insatisfeito com alguma teoria lá, por exemplo, por alguma razão eu estou insatisfeito, então o quê que eu tenho? Um problema, e aí eu desenvolvo uma outra teoria, para mim não começou com a observação, começou com uma insatisfação lá, uma aproximação que eu não gostei, de alguma coisa, então não tem, sabe, eu sou teórico, nem olhei para o experimento nenhum, mas sei o que a teoria está me dizendo, é insatisfatório, que ela não é capaz de prevê lá alguma coisa ou não estou satisfeito com a previsão que ela faz para algum resultado lá experimental dele, então eu tenho insatisfação com a teoria. Eu li outra coisa, tem 'n' coisas, 'n' maneiras diferentes de se conceber e tudo mais, digamos lá na radioatividade se sabia que tinha só urânio lá, mas aí a pessoa começa a... Currie começou a medir, a fazer medidas, e ela viu, verificou que uma amostra lá tinha uma quantidade a mais do que aquela que deveria ter para quantidade de urânio que tinha, ela fez hipóteses quem sabe, eu não tenho outro elemento ali mais radioativo! Então aquilo, se ela não tivesse o conteúdo, a teoria, que representaria ali? Aquela coisa, nada? Ela está predisposta a ver que bom talvez tenha outros elementos com a mesma propriedade do urânio, então na pseudo-observação às vezes as tuas coisas são, é, como é que eu vou te dizer, são imprevistas, ah, não é que eu tenha encontrado uma quantidade a mais de radiação, encontrei, eu tenho que encontrar a resposta, meu aparelho está descalibrado? Mas não está, está calibradinho e aí como é que eu faço? Opa! Tem alguma coisa nova aparecendo, então ela não chegou e disse assim, agora eu tenho uma amostra

aqui, vamos ver o que acontece, vou medir isso, isso, isso, não, vamos medir um pedaço de borracha lá, não vai medir uma borracha lá, vai medir (...)

E11 (...) não tem uma regra preestabelecida.

P (...) não tem, não pode ter, então isso é uma fábula mal contada, sem graça... é! Disfarça uma ideia de que as coisas são tão simples, se fosse tão simples, todo mundo produziria, como lá o Bacon achava varrer todas as ideias que podem me prejudicar e aí vou fazer experimentação, vou fazer experimentação. Eu falei nas tirinhas, lá das cores das tirinhas, nas cores das tirinhas, se estavam eletrizadas igualmente ou não, até a cor influencia! Isso é como eu movimentasse a cadeira aqui, tanto faz ela pintada de preto, de branco, ou de marrom, não vai interessar a cor, mas em outras circunstâncias a cor pode ser importante, quando eu vou, por exemplo, pensar numa sala como essa, não está pintado de escuro, de preto, por alguma razão não é preto que está... risos... então tem toda uma concepção? O! Foi tão fácil convencê-la? Normalmente é tão difícil (...)

E11 (...) foi, não é porque eu não acreditava nisso, mas eu acreditava na existência de um método científico (...)

E8 (...) é que a gente tem uma ideia, não que eu concorde com isso, é que existe um método preestabelecido, e que este método preestabelecido que tem o nome de método científico (...)

P (...) está tudo nos livros, quando dizem o método científico, é o método científico, o método científico, o artigo ali que aparece ali definido é o método científico (...)

E8 (...) em didática como o Demétrio, ele combateu bastante essa ideia do método científico, e se ele combateu bastante é porque existia uma maneira, uma ideia de que existe um método preestabelecido (...)

E2 (...) os próprios livros que escrevem, a Física é uma ciência experimental no prefácio do livro, está embutido que tem um método ali (...)

P (...) então, entre os biólogos, isso aí é pior ainda, porque eles usam lá o microscópio, a observação, parte da observação, mas só que eles esquecem de dizer nos livros porque que a pessoa botou o olho lá, o quê que ela está querendo olhar ali, ou ver etc (...)

E11 (...), mas às vezes, pois é, é isso que vem a questão tem uma teoria, tem um experimento, levar a resultados, resolver problema, foi isso que na minha cabeça existia o método científico dessa forma, mas que isso caiu a muito tempo (...)

P (...) é! Muito tempo! Risos. Não sei quem foi o brilhante, quem foi o gênio que conseguiu induzir na cabeça das pessoas uma coisa irreal (...)

E10 (...) os grandes pensavam dessa forma, ou se partia da experiência, ou valorizava, cada um caminha de um jeito (...)

E18 (...) o professor é cabível dizer o método? Mas você tem uma gama de etapas, todo conhecimento passa por algumas delas, dependendo do que você está querendo elencar no final do teu processo, você vai ter um certo método para cada, eu não digo assim vai ter um método pronto, mas você vai passar por um método para desenvolver seu pensamento no sentido assim, tipo, o Newton e o Descartes cada um deles vai colocar, como é que chama, pensamentos para filosofar, não é? Regras para filosofar, não é?

Não deixa de ser um tipo de método, de certa maneira eles colocam regras para você seguir (...)

P (...) regras, digamos lá... foi citar uma amostra lá, olha você vai seguir certos procedimentos que foram consagrados, então isso é método? Um conjunto de regras que são úteis para desenvolver e chegar, para teu trabalho chegar a um objetivo, não quer dizer que seja um método ali, ah eu vou seguir aquilo ali você vai ter que seguir exatamente um conjunto de passos, se não seguir aquilo, tu não vais ser bem sucedido, outras pessoas estudaram e disseram que tem que ser assim, então você vai seguir aquele procedimento, então ali é um exemplo, tu podes ter outras coisas totalmente diferentes, se não onde é que está a intuição, a criatividade, aonde que está, aonde entraria a criatividade se tivesse que seguir uma coisa padrão, e as coisas aparecem às vezes assim como a gente viu os insights, como teve o insight? Risos (...)

E11 (...) sobre as hipóteses de Newton, ele deixa bem definido o que é hipótese para ele? (...)

C – E11 leu o trecho do livro-texto que menciona o que era hipótese para Newton:

P (...) tem um filósofo chamado Paul Feyerabend, o livro dele “Contra o Método”, então ele vai dizer, se olhar a história da física veremos que não tem nenhuma, vamos dizer que grandes momentos da física onde as pessoas, a física evoluiu porque alguns indivíduos foram exatamente contra tudo que estava se pensando na época, e é isso que a gente está vendo, não foi Galileu lá que tirou... vamos deixar as causas de lado? Não foi o Born que fez tudo aquilo? Não foi o Planck que, bom agora a energia é quantizada? Não tem ninguém lá pensando isso (...)

E11 (...) ou eles revolucionam ou são taxados de loucos, bem, quer dizer se é contra o método (...)

E11 (...) a teoria de Newton e a teoria de Descartes, elas explicavam muito bem as mesmas coisas? (...)

P (...) teoria de Newton e a de Descartes? Como por exemplo, digamos (...)

E11 (...) é porque é assim, me veio à cabeça... é! Você pega a mais simples, então se elas explicassem a mesma coisa a de Descartes não seria a mais simples? Porque elas explicam tudo! (...)

C – Breve debate acerca da Gravitação na Teoria de Newton e na Teoria de Descartes:

E8 (...) acho que não é instantâneo também, você estabelecer uma teoria e no decorrer do tempo você vai testando ela de alguma maneira ou por outras coisas que são pré-dependentes dela e aí algumas coisas que não são explicadas por uma teoria que é explicada, criadas no decorrer dos anos que se estabelece uma teoria, por exemplo, a de Newton foi aceita muito tempo depois, aceita como teoria da Mecânica, muito tempo depois dele ter formulado todas as três leis da Mecânica (...)

P (...) é vale, vale todos os recursos para fazer valer a teoria, não é só discutir racionalmente, um sentado na frente do outro, cada um com seu papel com seu lápis, não é assim? Tem todas as influências, o peso lá da autoridade (...)

C – O professor referia-se ao antepenúltimo parágrafo da página 119 do livro-texto, ao mesmo tempo em que discutia o que estava escrito nesse parágrafo:

P (...), mas voltando a questão do método, qual é o método que o Newton disse que usou? Isso é interessante, não é? Qual é o método que Newton diz, esse é o método, descreve, estão lá as palavras

dele, que os outros dizem exatamente o Newton disse isso, qual é o método que o Newton diz: esse é o método de se proceder, é claro em termos gerais e tal, mas assim que deveria ser (...)

P (...) então na verdade o conhecimento, ele é uma coisa complexa, não tem regras, não se abandona às coisas do nada, as pessoas estão vendo que tem um outro ponto de conhecimento, que está cada vez mais aberto, que parece que é muito mais, que tem muito mais potencial explicativo e não querem abandonar as convicções, as suas teorias, as suas crenças, talvez a resistência à mudança é fortíssima sob todos os aspectos, a gente não gosta de mudar, não é? Claro, não é assim fácil? Isso é geral entre as pessoas, os cientistas, nós mesmos(...)

E11 (...) está escrito no texto que é desconcertante... essas mudanças, essas coisas diferentes (...)

Aula 15 (seminário 01)

No capítulo 1 (1.1 a 1.5), Do átomo grego ao átomo de Dalton: um percurso através da história da física e da química, do livro-texto intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, o professor e autor inicia o capítulo procurando mostrar como se estabeleceram as primeiras tentativas de compreender o visível, a partir do invisível, entre os gregos antigos. Examina no âmbito da física, em que contexto se desenvolve a retomada do atomismo a partir do século XVII.

Para tanto, o capítulo 1 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução; A substância e a forma na composição de todas as coisas; O atomismo; As formas geométricas de Platão; A retomada do atomismo a partir do século XVII: a natureza não tem horror ao vazio.

Discussão do capítulo 1 do livro de textos intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr” - Do átomo grego ao átomo de Dalton: um percurso através da história da física e da química (seminário apresentado por E12 e E13).

C - Interferência do professor, após pedir aos estudantes para fazerem perguntas aos apresentadores com o intuito de diminuir um pouco a tensão dos mesmos:

P: (...) até agora o quê que a gente pode dizer... o quê que chama a atenção... do que elas apresentaram? Estou falando dos físicos mais modernos, eles apareceram ali, não é? Os pais da Mecânica Quântica tão interessados naquele conhecimento antigo, e não é só por divertimento, porque eles acham que tem importância, fundamento, pode ser de alguma forma útil para o trabalho deles (...)

C - Logo depois que E11 comentou que os pais da Mecânica Quântica levaram tanto para voltar a esse assunto:

E12: (...) aquela das visões deformadas... que as pessoas às vezes acreditam que você não precisa saber da ciência, da onde é que vem aquilo que o quê antes não vai interfere em nada (...)

P: (...) o Heisenberg se interessou? Sim. O Schrödinger se interessou? Também. Por isso que eles levaram tanto tempo para estruturar a Mecânica Quântica. Porque se eles não tivessem os gregos, eles teriam feito esse livro mais rápido (...)

E11: (...) é bom... olhar o que não existe para poder tentar uma coisa diferente que não funciona (...)

C - Sobre o atomismo de Bohr:

P: (...) ali não aparece o Newton de novo? Quem leu o texto não... não viu ali, por exemplo, uma das regras do Newton colocadas claramente pelo Bohr(...)

E12: (...) os atomistas acreditam no vazio e o Aristóteles não... sempre o Aristóteles... rs (...)

C – Posicionamentos referentes ao texto narrado:

E12: (...) em 1620 o Francis Bacon aí vem como um novum organum, ele vem com um novo método de ciência... que vem falando... que vem... daquilo que a gente sabe que é uma imagem deformada da ciência... que é um método... bem ele disse que o verdadeiro conhecimento deve ser buscado na natureza (...)

E12: (...) ele é um empirista... o quê que a gente tem aí... uma visão empírico-indutivista e ateórica... ele era a favor do método que é uma visão algorítmica... algorítmica... tudo meio... tudo errado! Tudo visões distorcidas da ciência, mas ele tem uma coisa muito boa... que ele é... ele não tem a visão individualista da ciência... ele é o primeiro a sugerir a ser formada uma comunidade científica (...)

P: (...) errado... errado... depende! Do nosso ponto de vista... falho, mas para época foi muito importante porque as críticas todas foram em termos de conhecimento da Filosofia que estava lá, que não queria... não conseguia se livrar dela nas universidades... agora tão contestando, começa a contestar o método agora.... é outra... outra parte forte contra aquele conhecimento que já está agonizando(...)

E12: (...) na época foi... hoje em dia (...)

C - Após perguntar aos apresentadores do seminário: Como é que Boyle justifica que o líquido e o sólido sejam constituídos por átomos?

P: (...) é uma maneira de pôr inferência... aí é um processo de indução, então nem todos os processos de indução são tão ruins assim (...)

Aula 16 (seminário 02)

No capítulo 1 (1.6 a 1.9), Do átomo grego ao átomo de Dalton: um percurso através da história da física e da química, do livro-texto intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, conforme o professor e autor, algumas considerações sobre a alquimia árabe e a alquimia medieval europeia desencadeiam discussões sobre a ascensão e queda do flogístico, um conceito que origina uma série de estudos, na Química, que vão ressaltar a natureza atômica da matéria. Finaliza com um contraste entre o átomo grego e o átomo de Dalton, advertindo sobre a inaplicabilidade do conceito de precursor histórico.

Para tanto, o capítulo 1 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Da alquimia árabe à ascensão e queda do flogístico; O atomismo de Dalton; Um papel para a história.

Discussão do capítulo 1 do livro de textos intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr” - Do átomo grego ao átomo de Dalton: um percurso através da história da física e da química (seminário apresentado por E7 e E15).

C - Após E7 mencionar os propósitos da Alquimia Árabe:

P: (...) da onde vem essa ideia de transformar? ... Da onde vem isso? Vem de lá de trás (...)

P: (...) então não tem uma teoria por trás, tem uma ideia, mas tinha um pressuposto que eles achavam que aquele deus, como é que é o nome dele? (...)

C - No momento que E7 tratava da Alquimia no ocidente – Paracelso:

P: (...) quem tinha base teórica?

E7: (...) ninguém tinha! (...)

C - Após o professor intervir para chamar a atenção dos estudantes sobre o cuidado ao realizar uma pesquisa na Internet:

E7: (...) esse trabalho do Paracelso, ele começa a manipular os elementos fazer... famatologia, tipo, já dá uma fundamentação assim,

tipo, meio que já a fase, já pensando na Química, alguma coisa assim bem, bem sutil sem as bases teóricas sem nada, só na experimentação (...)

P: (...) tudo tem que ter um começo e se não tem base científica, entre aspas aí, o processo é assim mesmo, ou não seria? (...)

C - Depois que E7 e E15 trataram da "Alquimia de Boyle:

P: (...) então vocês estão vendo que a atividade experimental é tremenda nesta época já, como está mudando o método na ciência (...)

C - Sobre o experimento de Lavoisier que descartou a o flogístico:

P: (...) fez com o estanho, depois... com o chumbo... e generalizou, é isso? Pode? Pode ou não? (...)

P: (...) o que é que estamos vendo aí? Bom, aliás, vocês não falaram em nenhuma imagem distorcida então da ciência até agora (...)

E15: (...) é que por enquanto está meio histórico... está uma sequência de acontecimentos que depois a gente queria amarrar um pouco mais no final... mas tendo um pouco a ver também... dessas experiências do Lavoisier, ele decerto deve ter feito algumas vezes com alguns metais e fica meio que encargo de outras, dos que vêm por aí tentar outras situações que se aplica e... de repente dar continuidade de descobrir coisas novas... o Lavoisier não vai fazer tudo sozinho tem que ter, tem outras pessoas que vão dar contribuições e... para terminar o trabalho dele, são ideias que... um pouco generalizada... acho que uma pessoa inventa uma teoria inteira do nada, completinha, e está ali e... não tem mais nada para ninguém só estudar o que a pessoa fez... ele fez um pedaço... está ainda por fazer (...)

C - Os experimentos de Lavoisier e os experimentos de Cavendish:

E15: (...) e como a teoria também afeta nas conclusões que eles fazem a partir dos experimentos... não há... não tem como partir do experimento e concluir uma coisa só (...)

P: (...) para nós parece que o experimento foi conclusivo? Resolveu, está todo mundo, está resolvido, todo mundo entendeu, sim. Mas não! Foram escritos livros ali. Depois desses experimentos então esta história de experimento crucial, aquele experimento determinante, que é capaz de fazer todo um conjunto de filósofos lá, cientistas mudarem de opinião, isso é só do ponto de vista histórico que a gente vê... como se fosse um marco, quer dizer, isso só retrospectivamente, historicamente a gente tem que se distanciar historicamente para ver como foi importante este experimento, mas na época (...)

E7: (...) depois do Lavoisier levou alguns anos para o pessoal desacreditar no flogístico... foi uma teoria bem aceita (...)

P: (...) a mesma coisa na relatividade, ah chegou o Einstein ofereceu a teoria lá... vários anos depois ainda tem gente falando do éter, inclusive em congressos, vocês vão ver depois... não parece? Mas é (...)

C - Após o professor comentar que os conceitos de flogístico e calórico, apesar de se afastarem da Física, foram importantes:

E15: (...) mesmo que a gente considere errado hoje... bom teve no mínimo um papel para direcionar os experimentos de alguma forma e dali, por exemplo, essa do flogístico acabou direcionando os experimentos para as pessoas trabalharem com os gases, tentarem entender o quê que aconteceu e... foram feitos uns avanços surgem diferentes, mais descobertas diferentes... para outras coisas... talvez

se não tivessem proposto o flogístico antes... essa outra coisa, os experimentos se diluiriam de outra forma, as ideias também (...)

E8: (...) o Dalton usou a ideia do calórico para explicar que duas substâncias diferentes com cargas opostas que existia uma condição do calórico que afastava e repelia as duas... ele, sei lá... foi insight dele? Ou ela já tinha essa ideia de atração ou repulsão? (...)

P: (...) mesmo com a tabela periódica estruturada vai ter químico que não vai aceitar esse senso do átomo porque é não observável... mesmo com a tabela periódica estruturada, fazendo previsões, e faz, novos elementos, tem lacuna ali, coisa curiosa (...)

P: (...) é coisa de Química e tal dá para ter uma ideia dos problemas que eles tinham e dessa passagem da Alquimia para Química, onde é que está o limite ali, não tem barreiras (...)

P: (...) depende como você olhe isso... a Alquimia não tinha notação, não tinha regra, não tinha conhecimento compartilhado, como é que pode ser líder de alguma coisa... uma filosofia totalmente diferente, depende como a gente olhe isso (...)

E10: (...) até chegarem a esta conclusão tiveram que estudar... o quanto desenvolveu a Química (...)

P: (...) essa frase é importante, a ideia do calórico é importante, a ideia do flogístico é importante, são coisas que, são abandonados depois, mas que foram essenciais para se desenvolver e se produzir conhecimentos, depois vocês têm que ter cuidado com que esses dois químicos aí dizem porque de fato é bem interessante não é... o que eles colocam lá quer dizer, se fazem hipóteses alguns vão ser frutíferas outras não... algumas vão impulsionar o amadurecimento outras vão ser derrubadas(...)

E11: (...) ela foi tão duradoura ou foi tão forte quanto às ideias de Aristóteles que perduraram... risos! Porque é interessante que você tem uma ideia, uma hipótese provisória que você descarta ele e depois continue evoluindo, agora quando esta hipótese te barra, prende, é complicado (...)

Aula 17 (seminário 04)

No capítulo 3 (3.1 a 3.8), A espectroscopia, o elétron, os raios X e a radioatividade: prelúdio a uma nova física, do livro-texto intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, conforme o professor e autor, O elétron, os raios X e a radioatividade, e toda a gama de novos problemas teóricos e experimentais que suscitam, mostram o equívoco daqueles que, desconhecendo a lição da história, em outros episódios semelhantes, consideravam a física ‘quase’ completa. Havia, de fato, muito mais (e ainda não suspeitadas) coisas por fazer do que buscar explicações mais satisfatórias, no quadro da física clássica, para alguns fenômenos como a radiação do corpo negro e a emissão de partículas carregadas (elétrons) por metais expostos a radiação de certas frequências.

Para tanto, o capítulo 3 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, Espectros: de Newton a Balmer, Novas nuvens no céu da física clássica, A descoberta do elétron, Do átomo grego ao átomo de Bohr, Os raios X, A radioatividade, A experiência de Millikan.

Discussão do capítulo 3 do livro de textos intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr” - A espectroscopia, o elétron, os raios X e a radioatividade: prelúdio a uma nova física (seminário apresentado por E1 e E14).

C - Ao E14 e E1 narrarem que Maxwell abandonou o estudo das causas dos fenômenos elétricos e magnéticos e optou pelo formalismo lagrangeano:

E14: (...) então aqui a gente já pode até fazer uma ligação lá com o texto das visões deformadas da ciência... que a ciência não é uma... não tem uma receita certinha para construí-la... chegou até um certo ponto viu que não estava mais satisfazendo nada... então vamos tentar buscar outro... outra forma de chegar, de tentar chegar ao objetivo que se espera (...)

C - No período narrado achava-se que a Física Clássica estava bem estruturada:

E1: (...) claro que se ele tivesse visto toda a parte histórica talvez ele teria um certo cuidado maior para falar isso, já aconteceu outras vezes que o pessoal achar que estava tudo prontinho e (...)

E1: (...) então o que está acontecendo com o Lord Kelvin, ele estava vendo a ciência já como um edifício construído assim, talvez seja uma das imagens distorcidas, uma imagem distorcida, que ele está vendo a ciência já, a Física, como um edificíozinho, já está edificado, então é uma dessas imagens (...)

C: Durante narração do Subcapítulo Espectros: De Newton a Balmer:

E14: (...) ah! Só fazendo agora uma ligação lá com as imagens deformadas que não era um cientista único lá no seu porão cheio de experimentos, isolado lá na sua torre de marfim... que consegue o suficiente, havia a colaboração entre dois..., mas não era individualista, não era uma coisa individual (...)

C: Sobre a diferença entre o espectro de distintas substâncias:

E11: (...) já tinha bem aceito o átomo? (...)

P: (...) depende... aceito por uns, mas duvidado por outros (...)

C: Após o professor revelar que Balmer era professor da escola secundária e chegou a uma relação para as linhas do espectro visível do Hidrogênio com 59 anos:

E5 (...) isso vem de encontro com outra imagem deformada da ciência de que só homens e pessoas jovens conseguem uma boa ideia (...)

C: As relações para linhas do espectro visível do hidrogênio possibilitarem mais hipóteses, aprimoramento dos aspectos experimentais e chegar a outras séries:

E14: (...) ah a gente pode pensar também que eles... não previram tudo isso de graça, não foi ao acaso, que eles fizeram isso, foi uma baita bagagem que ficou ali... não foi do nada que eles propuseram essas hipóteses (...)

C - Depois que E1 comentou que a parte mais interessante da frase - "Há períodos da história da física em que isso acontece, mas o divórcio é provisório" - é que o divórcio é provisório:

P: (...) não tem uma teoria por trás... a relação é empírica... faltando a explicação(...)

C - Curiosidade sobre o fenômeno da luminescência que alavancou outros estudos adiante:

P (...) digamos... mais uma coisa que não seja uma explicação imediata. Depende, não tem uma teoria por trás ali... é o mesmo caso dos espectros (...)

C - Frase na qual o autor do texto diz que no âmbito dos espectros, a experiência corre à frente da teoria. "Há períodos da história da física em que isso acontece, mas o divórcio é provisório":

E1: (...) a parte mais interessante da frase é que o divórcio é provisório... rs... não entendeu? Porque está falando... separa... está separando a física do empirismo (...)

P: (...) tem vários cientistas trabalhando em várias coisas... um processo de construção coletiva ali (...)

C - Sobre os experimentos de Crookes com raios catódicos:

E14: (...) não se vê consenso na natureza dessas emanções, então para Crookes elas eram partículas, para Hertz e outras cientistas era um fenômeno ondulatório do elétron... não é um negócio linear, a ciência não é construída linearmente, tem várias crises aí nela que delimitam para onde ela vai ser construída (...)

E7: (...) talvez aí dá para ver outra visão distorcida da ciência, tipo, para que os grandes períodos que a ciência realmente evoluiu são os períodos de crise que têm mais perguntas do que as respostas... o período normal é praticamente descartável (...)

P: (...) será que no período normal ela está estagnada? Acho que não... dentro do período de ciência normal o conhecimento é cumulativo... vai ver mais conhecimento, as bases estão ali, vai produzir cada vez mais coisas, o oceano... construir instrumentos mais precisos, por exemplo, como aconteceu lá na radiação do corpo negro, ou como aconteceu com os prismas, sendo cada vez melhorados, então isso te permite acessar, por exemplo, outras faixas do espectro eletromagnético... não fica estagnada, ela evolui com as bases que tão ali, para cada referencial aí sim, a coisa tem que mudar, mas em termo conceitual muda e aí se diz que dá novos saltos e parece que é, talvez, se a gente pensa na tecnologia associada a ciência a gente vê as coisas estão avançando cada vez mais isso é inegável, alguém poderia dizer como é que sabe que a ciência está progredindo? É só fazer o vínculo com a tecnologia, o mundo está assim avançando numa velocidade espantosa (...)

C: Síntese sobre a narrativa apresentada até o momento:

E1: (...) o quê que a gente estava falando agora, uma coisa importante, eu acho que não dá para deixar passar, que embora quanta gente fez a construção aqui do conhecimento para descobrir o elétron em si, ainda é aquela coisa que a gente falou que se constrói a ciência... não é individual (...)

P: (...) uma rápida observação, o Thomson dá, profere uma conferência Nobel, aí ele faz esse relato, então é interessante porque nessas conferências as são, vamos dizer, obrigadas, entre aspas, a cumprir esta formalidade, então eles têm que fazer referências a outras e tem que falar numa linguagem mais acessível ao público, e a forma que eles entendam (...)

Aula 18 (seminário 03)

O capítulo 2 (2.1 a 2.7), Sobre o atomismo do século dezenove, do livro-texto intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, conforme o professor e autor, dentre as grandes sínteses e construções teóricas que se processam no século XIX estão o princípio da conservação da energia, o Eletromagnetismo, a teoria cinética dos gases, a Termodinâmica e a Mecânica Estatística. Ora personagem central, ora ignorado, do ponto de vista científico, mas sempre acirrando disputas filosóficas, o atomismo permeia a estruturação desses conhecimentos, particularmente por suas ligações com a Mecânica, que (ainda) detém pretensões de hegemonia na explicação dos fenômenos naturais.

Para tanto, o capítulo 2 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução; Clausius e Thomson: as bases conceituais da termodinâmica; O movimento browniano; O átomo não é real: a rejeição de não observáveis em uma teoria científica; Reversibilidade e irreversibilidade temporal; A oposição científica e epistemológica de Boltzmann ao energetismo.

Discussão do capítulo 2 do livro de textos intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr” - Sobre o atomismo do século dezenove (seminário apresentado por E6, E9 e E17).

C - Início da apresentação do seminário:

E9: (...) *sobre o atomismo do século XIX, o átomo ora ele é personagem central ora ele... do ponto de vista científico, está sempre acirrando disputas científicas (...)*

C - Após E18 perguntar: o que é entropia?

E17: (...) *foi construído isso daí aos poucos, o que é entropia? Começou com o Clausius tudo bem, mas aí veio o Boltzmann também acrescentou coisas que daí associou entropia, na verdade, a microestados do sistema e macroestados do sistema também... na verdade, ele foi um conceito que foi desenvolvido assim aos poucos, não foi ah puf! (...)*

C - Após os apresentadores do seminário explanarem sobre do que depende o movimento browniano:

P: (...) *então as experiências não são feitas ao acaso? São pensadas? Tem hipóteses por trás e o experimento vai corroborar, ou não, com essas hipóteses (...)*

E17: (...) *ah não. Certamente (...)*

E17: (...) *exatamente, não tem imagem nenhuma da ciência, isso que você coloca está no texto... senão das críticas que se faz das imagens distorcidas da ciência (...)*

Aula 19 (seminário 05)

O capítulo 4 (4.1 a 4.7), O quantum de radiação, do livro-texto intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, conforme o professor e autor, Um novo e revolucionário conceito introduzido na física por Max Planck (1858-1947), em 1900 – o quantum elementar de ação – vai definitivamente mostrar que no domínio atômico a física deve lidar com um mundo regido por leis e regras muitas vezes estranhas à física clássica, que não admitem analogias puras e simples com fenômenos já conhecidos.

Para tanto, o capítulo 4 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, A radiação de corpo negro, A lei da radiação de Planck, Obtenção das leis de Stefan-Boltzmann, Wien e Rayleigh-Jeans a partir da lei da radiação de Planck, Dos “fotoelétrons” de Hertz aos estudos de Lenard, O quantum de luz, Reações aos quanta de luz.

Discussão do capítulo 4 do livro de textos intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr” – O quantum de radiação (seminário apresentado por E2 e E4).

C - Introdução ao capítulo 4:

E2: (...) *bom! Vale ressaltar aqui que o curso tem que ser feito sob uma análise histórica, como está mostrando lá, inicialmente isso aqui é contraintuitivo, eu acho é, uma dessas dimensões que é mudar o cenário de acordo com essa... a gente botou um fiel na balança, que dá o cenário mostrando esses fatores contraintuitivos da ciência... a gente percebe que as coisas são feitas, que a ciência é construída através do método, aquela coisa da visão algorítmica da ciência, aquela construção, que o professor falou, você tem que ver o livro, ver a animação, fazer não sei o quê... essa visão algorítmica não é bem assim que acontece aqui (...)*

C - Sobre a participação de Kirchhoff na espectroscopia da radiação térmica:

E2: (...) *aqui já entra outro aspecto da... ponto contraintuitivo geralmente ninguém associa Kirchhoff a uma análise espectroscópica da radiação térmica (...)*

C - Após E7 perguntar se Kirchhoff era um físico teórico ou experimental:

E4: (...) *aqui eu acho que vai ficar bem claro que a Física não se faz mais sozinha, que a tecnologia tem impulsionado, que agora começa um dar pitaco um no trabalho do outro. Agora aqui a Física,*

realmente, fica bem evidente que se faz em conjunto. A ciência faz em conjunto, não mais cada um em seu calabouço (...)

C - Depois que E18 disse achar estranho Planck ser contra o atomismo e propor um modelo onde as coisas são discretas:

P: (...) ele estava no âmbito da termodinâmica, na termodinâmica tu não precisas fazer constatações específicas sobre a natureza da matéria... então ele não se preocupava nisso, então aquele embate lá... lembra daquele embate entre os dois, entre o Boltzmann e o Oswald... então ele decerto, inicialmente viu que os argumentos do Oswald eram fortes, realmente, os processos irreversíveis eram dominantes na natureza, mas isso depois ele refaz rapidamente... seu posicionamento, em todo seu posicionamento, não tem nada, sabe, de tão problemático a pessoa inicialmente não se interessar, ou ser contra, e depois ele... pensar, olha eu preciso, não é, trazer aquela estatística para resolver este problema e ali ele pensar de outra forma (...)

C - Acerca da obtenção das leis de Stefan-Boltzmann, Wien e de Rayleigh-Jeans a partir da equação de Planck:

E4: (...) então, só para a gente se situar um pouquinho o que acontece, desde o início ali com o Kirchhoff que foi que iniciou seus estudos em 1860, até então... Maxwell não tinha se pensado suas equações e... Hertz só em 1888 ele comprova as equações de Maxwell. Então, desde de Kirchhoff até chegar Planck foram 40 anos, então para gente mostrar que isso é realmente é um processo (...)

E2: (...) a ciência ela não é linear, o processo é tortuoso, um diz uma coisa, alguém vem e comprova, outros afirmam uma coisa que não é possível se sintetizados ainda fazer uma teoria que vai ser comprovada ou não comprovada necessariamente (...)

E4: (...) é então aqui mostra também que acho que uma dessas imagens distorcidas que a ciência não se faz de um dia para outro que realmente é um processo árduo, primeiro vem um estudo, depois comprova...então foi quarenta anos aí até se chegar... Planck mostrar sua equação(...)

C - Depois que E2 mencionou que assim como Planck, os resultados de Einstein também não foram aceitos tranquilamente:

E4: (...) tudo que é apresentado como novo tem certo... certo choque nas pessoas, a longo prazo vão aceitar assim... é... senão teria muitas teorias absurdas por aí (...)

C - Após E2 citar que alguns cientistas que contribuíram com a Mecânica Quântica já foram contrários ao quantum de luz, entre eles Millikan:

P: (...) o Millikan passou não sei quantos anos lá pensando naquela relação do efeito fotoelétrico... que ele não acreditava, depois se rendeu, então por aí a gente vê o quê? Que as novas ideias são bem difíceis de aceitação, ideias revolucionárias, ideias super revolucionárias aí... vê a situação do Einstein, o Einstein defende lá a eletrodinâmica e depois fez uma coisa contra ela (...)

Aula 20 (seminário 06)

O capítulo 5 (5.1 a 5.10), O átomo de Bohr, do livro-texto intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, conforme o professor e autor, evoca a imagem do átomo como um sistema solar em miniatura, mas Bohr sabe das limitações desse tipo de representação. “A intervenção do quantum de ação impede o infinitamente pequeno de ser uma redução homotética do infinitamente grande”.

Para tanto, o capítulo 5 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Introdução, Os postulados de Bohr, A quantização das órbitas e das velocidades no átomo de hidrogênio, A quantização da energia e a primeira corroboração da teoria, O modelo de Bohr para o hélio ionizado, O modelo de Bohr para átomos de um elétron, A teoria de Bohr e os espectros atômicos, O princípio da correspondência, À guisa de conclusão, provisória.

Discussão do capítulo 5 do livro de textos intitulado “Do átomo grego ao átomo de Bohr” - O átomo de Bohr (seminário apresentado por E6 e E17).

C - Quando E6 mencionou a intuição de Bohr no que se refere aos postulados:

P: (...) *e tem gente que ainda fala em método não é(...)*

E17: (...) *é, exatamente... risos! (...)*

E6: (...) *é isso aí... já é um dos contra das visões distorcidas (...)*

C - Sobre a descoberta de outras séries:

E6: (...) *tem hora que os experimentos vêm antes, tem hora que ele prevê as coisas antes e depois do experimento, isso é coisa lá que tem a ver com aquelas ideias distorcidas, que aí, nesta época aí estavam andando tudo misturado, experimentos, teoria, tudo junto, não é uma coisa de cada vez (...)*

Aula 21 (seminário 07)

Os capítulos 1 e 2 (1.1 a 2.5), Sobre o referencial absoluto newtoniano (capítulo 1) e O princípio da relatividade de Galileu (capítulo 2), do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”, conforme o professor e autor, no capítulo 1 discute-se um conceito central da física de Newton – o espaço absoluto. O capítulo 2 descreve as equações de transformação de um referencial inercial a outro, mostrando que as leis da mecânica são as mesmas em todos os sistemas de referência inerciais.

Para tanto, os capítulos 1 e 2 foram divididos nos seguintes subcapítulos: Capítulo 1: Newton e a filosofia mecanicista; Prelúdio ao espaço absoluto newtoniano: críticas de Henry More ao conceito de extensão material de Descartes; A questão do referencial absoluto newtoniano; A experiência do balde; A experiência de pensamento dos globos em rotação; O sensorium de Deus; A rejeição de Mach ao espaço absoluto newtoniano; Referencial inercial. Capítulo 2: A transformação de Galileu, A adição galileana de velocidades, A invariância da aceleração para observadores inerciais, A invariância da mecânica newtoniana frente à transformação de Galileu.

Discussão dos capítulos 1 e 2 do livro de textos intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” - Sobre o referencial absoluto newtoniano (capítulo 1) e O princípio da relatividade de Galileu (capítulo 2). Seminário apresentado por E12, E13 e E19.

C - Após E12 narrar o trecho do livro-texto no qual Newton disse que tudo que não pode ser deduzido dos fenômenos deve ser chamado de hipótese:

E12: (...) *que o Newton era empirista, então aí o Newton se cabe naquela visão distorcida da ciência de que é... de empírico-indutivista ou não? Ele disse que tudo que não é provado experimentalmente é só uma hipótese, como os corpos em rotação, o balde... seriam só hipóteses. Ele se encaixa no indutivismo ou não?*

E8: (...) *porque o indutivista-empirista vê parte da experiência para poder desenvolver aquele conceito, ele não usa para comprovar o que tinha pensado antes (...)*

C - Depois que o professor disse que não simule hipótese significa que ele não faz conjecturas, se ele não tiver evidência experimental clara para dar suporte:

E10: (...) *mas ele supõe primeiro... não parte da experiência, mas (...)*

P: (...) *então entre o que ele diz e o que ele faz aí tem muita diferença. E o conceito de espaço absoluto da onde que apareceu isso? É o conceito central na física do Newton... qual é o experimento que vai me dar, me autorizar a construir conhecimento a partir desse conceito... isso é complicado (...)*

C - Sobre a parte na qual o professor mencionou que Newton escreveu (Principia e Óptica) que o espírito da natureza está permeando por tudo aquilo que vai dar sentido a tudo que existe, que vai governar o mundo, vai fazer os ajustes necessários, que ele já foi disciplinado para isso:

E11: (...) *as pessoas ensinam na escola, diz que ele é, que é verdade, que é bonitinho (...)*

Aula 22 (seminário 08)

O capítulo 3 (3.1 a 3.6), Sobre a luz, do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”, conforme o professor e autor, apresenta conteúdos da história da óptica relevantes aos objetivos do texto por ele produzido.

Para tanto, o capítulo 3 (3.1 a 3.6) foi dividido nos seguintes subcapítulos: Um estágio de pré-ciência na óptica: dos gregos a Grosseteste, Galileu: a velocidade da luz é finita, A lei da refração da luz, O princípio de Fermat, Difração e interferência, A determinação da velocidade da luz, por Roemer.

Discussão do capítulo 3 do livro de textos intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” - Sobre a luz (seminário apresentado por E3 e E11).

C - Sobre os dados de experimentos acerca da refração da luz apresentados por Ptolomeu:

P: (...) *uma coisa, mas os gregos faziam ou não experiências afinal? (...)*

E2: (...) *certamente, a filosofia que imperava era a de Aristóteles, ele não era um empirista? (...)*

P: (...), *mas ele fazia algum experimento? De Física não, ele mexia com os animais lá (...)*

E11: (...) *eram bem idealizados os experimentos, mas alguém poderia ter feito algum (...)*

P: (...) *não era um procedimento padrão, normal, mas aí eles fizeram até tabelas... foi muito importante... então o experimento não tem a mesma função que ele vai ter mais adiante, mas não quer dizer que fosse uma coisa impeditiva (...)*

C - Sobre a luz para Robert Grosseteste:

P: (...) *então, qual é o objetivo de apresentar essas coisas nos textos para vocês? Para vocês verem como era difícil se explicar certas coisas e o esforço que essas pessoas faziam (...)*

C - Após E8 perguntar se mesmo com os árabes o conceito de luz está ligado com o divino (Grosseteste)?

P: (...), *mas os gregos não tão mais aí, agora nós estamos no outro período, neste período aí, é o período que já tem a predominância da igreja católica... são concepções diferentes claro (...)*

C – No que diz respeito ao teste da hipótese de Galileu da finitude da velocidade da luz:

P: (...) *então Galileu tinha uma certeza ali, ele não conseguiu corroborar com o experimento... nem sempre está certo (...)*

E3: (...) *e nem por isso... nem por isso está errado (...)*

E11: (...) *nem por isso está errado... ele não tinha como fazer naquela hora (...)*

C - Sobre as várias relações trigonométricas entre o ângulo de incidência e o de refração procuradas por Kepler:

P: (...) *será que o Kepler, o Kepler acreditava na simplicidade da natureza? Risos! A juntar pelas relações que ele colocou não parece, se tentasse coisa mais simples acho que ele ia ser mais bem-sucedido... então ele buscou relações supercomplicadas ali (...)*

C - Acerca do experimento no qual Francesco M. Grimaldi fez um feixe luminoso incidir sobre um anteparo opaco com um diminuto orifício, analisando os efeitos numa tela branca:

E3: (...) *que a gente lá a imagem deformada da física que é, por exemplo, ele vai, tem esse feixe passando pelo orifício e agora do nada ele vai criar toda uma teoria, vai olhar para... agora caiu outra maçã na cabeça, agora vou com a teoria pronta, a partir dali vou olhar e vou saber tudo, não! Para o cientista ter um insight ele tem que ter o conhecimento amplo daquilo, para na hora que ele olhar para o experimento ele ver que tem alguma coisa de errado, alguma coisa de nova, de interessante e poder começar a investigar aquele fenômeno (...)*

Aula 23 (seminário 09)

O capítulo 3 (3.7 a 3.12), Sobre a luz, do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”, conforme o professor e autor, apresenta conteúdos da história da óptica relevantes aos objetivos do texto por ele produzido.

Para tanto, o capítulo 3 (3.7 a 3.12) foi dividido nos seguintes subcapítulos: Sobre a óptica de Huygens, Revisitando Fermat à luz de Huygens, Éter, luz, cores e... Newton!, Uma querela (ainda) não resolvida, A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica, A aberração estelar, A retomada da teoria ondulatória da luz e o papel do éter nessa teoria.

Discussão do capítulo 3 do livro de textos intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” - Sobre a luz (seminário apresentado por E5 e E8). Nessa aula o professor foi representado por sua orientanda, que não se posicionou durante o seminário.

C - Sumário da apresentação:

E8: (...) *logo depois a gente vai fazer uma retomada da teoria ondulatória e o éter, porque vocês vão perceber que a luz vai virar corpo, vai virar onda no decorrer da apresentação até para... sobre uma das imagens deformadas da ciência (...)*

E5: (...) *Huygens e Newton eram contemporâneos e eles tinham duas imagens distintas sobre o que eles estavam tratando, sobre a luz, então por isso a separação do nome... o que Huygens imaginava, o que o Huygens estudou etc, depois o que Newton fez, tinham divergências e daí como o... falou, a gente tenta relacionar com as imagens deformadas da ciência, porque cada uma foi uma construção e a Óptica passou pela construção dos dois (...)*

E5: (...) *o Huygens era um cara muito experimental, então ele fazia dessa forma, vai ser um contraponto com Newton, Newton já era teórico, fazia... também fazia experimentação, mas é como base de maneira geral (...)*

C - Sobre a Óptica de Huygens:

E5: (...) *essa construção que se tem ao longo do tempo já dá para a gente fazer um primeiro apontamento de uma imagem distorcida da ciência que é a visão individualista, é de que só um deles teria chego e tirado do bolso a teoria da luz, não, teve Huygens que, como a gente já falou, foi experimental, já fez vários experimentos... desde antes, desde as meninas, é claro, sim, aqui no seminário, desde as meninas que trouxeram exatamente... mas enfim de que ela não é individualista, não é feita na sua torre de marfim do seu castelo lá, tem todas as contribuições e isso não estamos vendo aqui e com certeza tiveram outras também (...)*

E8: (...) *eu sei que ele aliou a ideia de experimentação e a ideia de teoria, em alguns momentos ele só teoriza, em alguns momentos ele experimenta e teoriza, isso também é um outro gancho para gente puxar as imagens deformadas da ciência... não existe um método para se fazer física, ou para se fazer ciência, o próprio Newton exemplifica isso, ele escreveu o Óptica de uma maneira e o Principia de outra (...)*

E5: (...) *que é que vem relacionar a visão rígida de ciência, mais uma imagem deformada de que a ciência tem que ser construída pelo método experimental, pelo método científico... tem a experimentação, aquele passo (...)*

C - Três fases de Newton sobre a especulação acerca do éter:

E5: (...) *é para dizer o quê que a gente comentou lá que vai passear por três momentos e isso eu acho que abre para gente falar sobre a visão aproblemática da ciência, que... bem que a gente imagina que não exista uma, exista uma única, não existe uma evolução, uma situação, uma evolução de maneira que pode acontecer quando mesmo você erra então vai lá fale um pouco sobre o éter, volta atrás e de repente aquele problema que ele tinha evolui porque ele pensou que... daquela forma equivocada, então a visão aproblemática da ciência pode estar caracterizada nos diferentes passeios que você dá pelo éter (...)*

C - Newton versus Huygens sobre a refração da luz:

E5: (...) *de novo a ciência é construída por um pouquinho... as meninas já falaram antes, as contribuições como antes... um pouquinho de Huygens, um pouquinho de Newton, Fizeau, Foucault... então quer dizer... teve uma conjunção de ciência (...)*

C - Final do seminário (abertura para questões), E7 citou um modelo precursor da fibra óptica feito por Thomas Edison com água:

E8: (...) *têm algumas tribos da África onde eles não têm acesso a energia elétrica, então um grupo de estudantes dos Estados Unidos foi para esses lugares, e para aproveitar a luminosidade do dia lá que é fato para eles, eles abriam um buraco no teto, enchiam garrafas pet e colocava, a luz se dispersa... melhora bastante... completamente... ou seja, tudo que a gente sabe aí de luz teve um monte de gente que já quebrou bastante a cabeça (...)*

Aula 24 (seminário especial 01)

Título do seminário: Abordagem histórica e experimental da eletricidade: o eletroscópio (Seminário apresentado pela orientanda do Professor).

Sobre a experiência de Du Fay, a pesquisadora/orientanda:

- *Destacou que esse episódio da história da ciência contrapõe-se a visão de que a ciência é individualista e neutra;*

- Narrou que nos trabalhos de Du Fay, a experiência e a hipótese caminham sempre juntas, lado a lado, mostrando que não existe um método científico;
- Disse que Du Fay baseou-se no trabalho de outros estudiosos para chegar em seus princípios e não estava totalmente neutro (no sentido de que já tinha algum resultado sobre aquela atividade experimental);
- Contrapôs-se a imagem de que a ciência é individualista e neutra, mencionando o fato de Du Fay compartilhar seus conhecimentos, ainda que de maneira indireta, e estar influenciado pela ideia do eletroscópio;
- Enfatizou que a ciência não se faz de maneira individualizada, a exemplo do trabalho de Benjamin Franklin (Para-raios, 1749) e Jonh Canton (1754);
- Mencionou a interação entre os cientistas no aperfeiçoamento do eletroscópio desde Du Fay, passando por Benjamin Franklin e, depois, por Jonh Canton. Ainda citou que os trabalhos não são individualizados, que estão sempre interligados e são importantes para o desenvolvimento teórico e experimental da ciência.

O professor falou sobre a primeira máquina eletrostática, hipótese e experimento nessa época, reprodução de experimentos, o trabalho de Franklin e os experimentos que podem ser levados para a sala, pois fazem pensar. O professor mencionou também que a partir das discussões de cunho epistemológico, durante o curso que realizou na UEFS, chegou à conclusão que o termo “concepções inadequadas da ciência” deveria dar lugar ao termo “concepções sobre a NdC e do trabalho científico”, pois para ele cada indivíduo deve ter a liberdade de julgar/questionar se tais concepções são adequadas ou não.

C - Após síntese do seminário, a apresentadora perguntou se alguém gostaria de fazer algum comentário:

E8: (...) eu quero fazer um comentário, a gente sempre fala às vezes das imagens distorcidas da ciência querendo mostra, claro que de maneira isolada, quando a gente fala da contribuição positiva de alguém aperfeiçoando o experimento de alguém. Quando um cientista se apoia no trabalho de outro até para contrapor, mas aí você vê cai na coisa de se falar tudo isso é vitorioso, que aproveitou o trabalho dele e aí não são isolados (...)

C - Durante a exibição das referências utilizadas no seminário, o professor perguntou aos estudantes qual foi a primeira máquina eletrostática e depois citou o texto que ele estava escrevendo sobre a história da eletricidade:

P: (...) tem também no texto, vocês podem ver a relação entre hipótese e experiência, essa que ela procurou frisar, e acho que muito bem, e aí se vocês quiserem ler o texto, texto bem longo, tem quase 40 páginas, mas aí vocês vão ver o relacionamento das hipóteses, que às vezes dão certo, que às vezes não dão certo, que redireciona todo um projeto de estudo de uma pessoa, sabe, e a influência de um estudo sobre outros, Nessa época aí da história eles reproduziam e muitos experimentos outros e aí tinham novas ideias e criavam novos experimentos, então era essencial reproduzir experimentos de outros, talvez escreve: ah, devo muito a fulano de tal, sabe, pelo conjunto de experimentos. E os termos que são empregados! Virtude elétrica, essas coisas (...)

Aula 25 (seminário especial 02)

Título do seminário: Critérios para avaliar a qualidade dos livros de física com enfoque na abordagem histórico-filosófica.

Nesse seminário procurou-se a partir das questões do PNLEM (2009) - relativas aos aspectos sobre a construção do conhecimento científico considerados como adequadas segundo as aulas de ECF - verificar se os estudantes concordavam com tais concepções.

Talvez o interesse dos estudantes pelas resenhas deva-se também ao fato de que na terceira avaliação os mesmos teriam que fazer uma Análise crítica do texto (resenha) “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” e da animação correspondente a esse texto, para fins de elaboração de uma proposta detalhada e bem fundamentada envolvendo a articulação desses dois materiais.

No que tange aos critérios eliminatórios e de qualificação dos aspectos sobre a construção do conhecimento científico, presentes na ficha de avaliação do PNLEM/2007, disciplina Física, aparentemente todos os estudantes presentes concordaram que o livro didático de física para o Ensino Médio, no que diz respeito aos aspectos histórico-filosóficos, devem possuir as características já listadas na trajetória de E1 (página 74).

Aula 26 (seminário 10)

A contextualização histórica do eletromagnetismo maxwelliano é matéria do capítulo 4 (4.1 a 4.9), Da síntese de Maxwell à experiência de Michelson – Morley, do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica.”

Para tanto, o capítulo 4 foi dividido nos seguintes subcapítulos: O declínio do conceito mecânico, O surgimento do eletromagnetismo, A contribuição de Faraday para o eletromagnetismo, A síntese de Maxwell, A questão do meio de propagação das ondas eletromagnéticas, Michelson e o experimento de Potsdam, A experiência de Michelson-Morley, A contração de Lorentz-FitzGerald.

Discussão do capítulo 4 do livro de textos intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” - Da síntese de Maxwell à experiência de Michelson – Morley (seminário apresentado por E7 e E18).

C - Sobre o surgimento do Eletromagnetismo (analogia com a lei da gravitação de Newton):

E18: (...) *quando veio trabalhar com a gente, ela comentou que o pessoal comparava um experimento, reproduzia. Então, o que se fazia naquela época continua fazendo agora, continua assim olhando quem o outro está fazendo e vai levando... é verdade que se viu inferir, não é, eles vão reproduzir para buscar novos conhecimentos (...)*

C - Após E4 comentar que teve a sensação da influência de Newton no surgimento do Eletromagnetismo:

P: (...) *que a Mecânica foi a primeira parte da Física a ser matematizada, então ela virou modelo de ciência... quando a gente fala da... quando a gente vê a matematização, os experimentais, modelo do Newton nasceu da Óptica (...)*

E7: (...) *a Mecânica de Newton está tão forte, é um corpo conceitual tão sólido que vira referência, todos os cientistas depois de Newton, como o professor comentou, eles são muito bem influenciados, tipo, segundo, nas ideias do Thomas Kuhn seria o período de ciência normal, começa o paradigma newtoniano (...)*

C - Sobre a produção do magnetismo pelas descargas atmosféricas. Benjamin Franklin não acreditava na relação mútua entre Eletricidade e Magnetismo:

E18: (...) *existiam várias explicações do porquê, sabe como é a Física, isso acontecia quando não se encontra uma explicação, nós vamos caminhando com elas verificando em bom número o que está acontecendo (...)*

C - Acerca da interpretação, que está no livro-texto, a respeito da “descoberta acidental de Oersted”:

E18: (...) *até porque o Oersted fazia vários experimentos nessa relação, na época ele sempre achava a agulha, como a gente fala, transversal (...)*

E18: (...) eu não sei, eu acho... ok tem um lado de história que conta desse jeito, mas eu ponho muita fé no Oersted que ele devia estar pensando sobre, mas como o senhor colocou é verdade esta questão não dá para dar um ultimato final (...)

E7: (...) isso é prova da capacidade dele como cientista, se fosse uma outra pessoa ou um outro professor qualquer que visse isso, talvez não desse a devida importância, que era um problema crucial na época, tipo, não que ele tivesse buscando unir o eletromagnetismo, mas as pessoas especulavam por cima assim (...)

E18: (...) a gente tem que pensar que eles são cientistas, é uma preocupação, como é que a comunidade científica vai olhar o cara, não pode fazer o experimento uma vez, observar o fenômeno e já saindo escrevendo 'paper', como hoje em dia (...)

C - Sobre a contribuição de Arago, Gay-Lussac, Biot e Savart para o Eletromagnetismo:

E7: (...) eles ajudaram a contribuir com essa, com a unificação mesmo da força magnética, do eletromagnetismo (...)

E18: (...) todas as contribuições são importantes, são várias evidências que vão corroborando, juntando cada vez tijolo a tijolo, tornando a hipótese cada vez mais viável, isso que é ciência, porque a gente observa um fenômeno que a gente vai imbuir, depois todos a mesma natureza... a gente vai sempre buscando mais e mais, hoje eu estava tendo aula de teoria, o professor estava conversando do desastre do cara que tentou ver se a velocidade do neutrino é mais rápida mesmo que a da luz, e vive dizendo que sempre a gente testando e não consegue chegar, ok isso é bom, quer dizer que a teoria é firme, mas não quer dizer que a gente tem que parar de tentar, porque isso persiste, a gente continuar examinando as coisas sempre a procura de efeitos novos (...)

E7: (...) dá para perceber também que é uma comunidade que faz o avanço científico não é só um indivíduo isolado que causa uma contribuição para ciência (...)

E18: (...) mas acontece também (...)

C - Sobre o fenômeno de indução eletromagnética:

E18: (...) a questão que ele colocou, você assume um pressuposto, você bola o experimento para tentar ver o que está acontecendo se pode ser, se não pode, e você não se contenta em saber ah não deu certo pronto, vou desistir, não, ele vai observando o experimento como todo, ele vai analisando o que está acontecendo, com base no experimento ele analisa cada opção que tenha feito (...)

C - Sobre a síntese de Maxwell (interesse do Maxwell no trabalho de Faraday):

E18: (...) leu o trabalho de Faraday inteiro, não só o trabalho de Faraday como a matematização dos outros cientistas da época, mas ele tem esta preocupação de buscar em Faraday essa parte da sustentação importante para mostrar, para quando ele tiver dizendo... está todo mundo conversando sobre isso, a questão desses grandes cientistas tem que voltar, ir para suas raízes lá, explorar o pessoal de antes, dar importância a quem já vem construindo conhecimento (...)

C - Acerca da questão do meio de propagação das ondas eletromagnéticas:

E18: (...) ou seja, a luz é uma onda eletromagnética. Vocês imaginem como isso muda a concepção de experimentos, da capacidade que você pode agora começar a fazer, a questão que você pode começar a desenvolver experimento para provar uma coisa ou outra, você está juntando duas áreas da Física, então (...)

C - Após o professor perguntar se a experiência de Michelson-Morley foi crucial:

E18: (...) *que na época as pessoas ainda consideraram que o éter existia, o quê que está do lado do experimento, eu até conversei com o professor, essa questão da importância que a gente... ah ele faz todas essas coisa aí e crente, claro, fez o experimento e acabou, esquece, isso não existe, não, não é assim, tudo tem um período, quem já discutiu comigo sabe que não vai me convencer de primeira... a mesma coisa é ciência, a gente tem que, uma vez... o experimento, vamos evoluir gradativamente, a questão aqui é a mesma (...)*

C - Após o professor indagar: Por que chamam de experimento crucial se não existe?

E2: (...) *acho que ele é crucial no sentido que, os resultados que ele traz fomenta discussões até chegar uma quebra de paradigma (...)*

E18: (...) *a ciência é feita de seres humanos, então você se conhece... e conhece seus colegas sabe como é que é a gente... já têm coisas que você nasce acreditando nisso e você acaba movendo, é difícil a gente largar de uma crença nossa e essa dificuldade sempre vem ser um paradigma (...)*

Aula 27 (seminário 11)

O capítulo 5 (Prelúdio à relatividade: Poincaré e Lorentz, do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”) explicita as resistências de Poincaré e Lorentz à exclusão do éter na Física. Considerando, além disso, as críticas de Whitaker à originalidade da relatividade einsteiniana, discute-se, brevemente, o princípio da relatividade de Poincaré e alguns aspectos da física de Lorentz.

No capítulo 6 (A teoria da relatividade especial, do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”) aborda-se didaticamente a teoria da relatividade especial. Sem mencionar a experiência de Michelson-Morley, Einstein elimina o éter da física. Questionando o caráter absoluto da simultaneidade na mecânica newtoniana e o conceito de espaço absoluto, ele reformula as noções clássicas de espaço e tempo e, a partir da equivalência de todos os observadores inerciais, da constância da velocidade da luz e da hipótese de homogeneidade do espaço e do tempo, introduz uma nova física.

Para tanto, os capítulos 5 e 6 foram divididos nos seguintes subcapítulos: Poincaré: sobre o éter e o princípio da relatividade; Sobre a teoria de Lorentz; Sobre as origens da transformação de Lorentz; Os postulados da relatividade especial; O caráter absoluto da simultaneidade na mecânica newtoniana e o questionamento de Einstein; A sincronização de relógios em um referencial inercial; A relatividade da simultaneidade; A transformação de Lorentz; A contração de Lorentz-FitzGerald; Dilatação temporal, Adição relativística de velocidades.

Discussão dos capítulos 5 e 6 do livro de textos intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” - Poincaré e Lorentz (capítulo 5) e A teoria da relatividade especial (capítulo 6). Seminário apresentado por E10 e E15.

C - Início da apresentação:

E10: (...) *bom, uma pergunta que vai, que vai nortear, pelo menos no início assim, nosso trabalho é: Qual a importância dos experimentos para o desenvolvimento da ciência? E a forma como cada um desses cientistas, esses estudiosos, que a gente vai falar, via o experimento, como cada um deles via o experimento (...)*

C - Ao falar como Einstein vê o experimento:

E15: (...) *outro assunto que a gente vê, discute bastante na disciplina, que não tem um método (...)*

C - Depois que o professor citou o mapa conceitual (da plataforma *moodle*) sobre o éter em diferentes conotações, em diferentes momentos da História da Física:

E10: (...) *é o fato de deles acreditarem numa teoria... a Mecânica deu certo... por que não eles tentarem fazer alguma coisa, tipo, deu certo eu vou tentar seguir, eu acho (...)*

C - Sobre os pressupostos de teoria do Elétron de Lorentz:

E15: (...) *é a maneira das pessoas trabalharem naquela época, tão tentando fazer uma teoria, essa tem várias hipóteses produzidas ao longo do desenvolvimento... essa talvez não seja uma maneira, mas partindo de princípios básicos, mas é uma maneira que se tem de trabalhar e tentar fazer uma teoria que possa acrescentar em alguma coisa (...)*

C - Sobre as transformações de Lorentz:

P: (...) *então para saber mais detalhes das razões levaram ele a fazer isso, só entrando em detalhes num estudo próprio, mas a ideia é mostrar para vocês que foi um longo processo, que não é o aleatório, não é ao acaso, que tem certos parâmetros que ele tem que passar, certos marcos que ele tem que passar (...)*

E10: (...) *apesar de terem chutes, foram chutes com objetivo (...)*

Aula 28 (seminário 12)

No capítulo 7 (7.1 a 7.7), Sobre a relatividade geral, do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”, conforme o professor e autor, analisam-se as implicações físicas da igualdade das massas inercial e gravitacional de um corpo, ou seja, que a aceleração de um sistema em queda livre em um campo gravitacional (de pequena extensão espacial) é independente da natureza do sistema em queda (especialmente de seu conteúdo de energia). O referencial epistemológico que orienta o desenvolvimento dos conteúdos do texto é a filosofia da ciência contemporânea. Explorando a objeção comum que autores como Karl R. Popper (1902-1994), discutem-se também, em nível qualitativo, o conceito de gravitação de Einstein e a corroboração da teoria da relatividade geral.

Para tanto, o capítulo 7 foi dividido nos seguintes subcapítulos: Problemas de uma nova e de uma (não tão) ‘velha’ física, O pensamento mais feliz de minha vida, Relógios e réguas em um referencial acelerado, A explicação einsteiniana da gravidade, A corroboração da relatividade geral: o periélio anômalo de Mercúrio e o desvio da luz por um campo gravitacional, O deslocamento das linhas espectrais para o vermelho.

Discussão do capítulo 7 do livro de textos intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” - Sobre a relatividade geral (seminário apresentado por E9 e E16).

C - Sobre os experimentos de pensamento de Einstein que o conduziram à teoria da gravitação:

P: (...), *mas o conhecimento não parte da observação? Não! (...)*

C - Sobre as imagens consideradas “deformadas” sobre a NdC: observação neutra; relação teoria-experimento:

E16: (...) *depende do ponto de vista do observador, a observação não é neutra, quando chegar no laboratório tem que saber o que quer (...)*

Aula 29 (seminário 13)

No capítulo 8 (8.1 a 8.4), Considerações epistemológicas sobre a relatividade einsteiniana, do livro-texto intitulado “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”, conforme o professor e autor, em relação a questões, como, por

exemplo, a da relatividade ser ou não uma teoria revolucionária, ou sobre as concepções epistemológicas de Einstein, procura-se oferecer ao estudante os subsídios necessários para uma reflexão crítica fundamentada, e decisão pessoal.

Para tanto, o capítulo 8 foi dividido nos seguintes subcapítulos: De Einstein e sobre Einstein: o contexto da relatividade especial, A teoria da relatividade é uma teoria revolucionária? A teoria da relatividade especial foi uma resposta ao 'resultado negativo' da experiência e Michelson-Morley?

Discussão do capítulo 8 do livro de textos intitulado "A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica" - Considerações epistemológicas sobre a relatividade einsteiniana (seminário apresentado por E1, E5 e E14).

C - Comentário decorrente sobre a frase na qual Einstein alerta o leitor de que "todas as reminiscências são colocadas com os tons do presente" (Notas Bibliográficas);

E1: (...) *a gente achou a frase muito bonita e a gente resolveu trazer principalmente porque ela é um assunto que a gente comenta bastante aqui na sala, o quê que ele está querendo dizer: que tudo que a gente vai estudar sobre a história da ciência a gente vê com os olhos de hoje, de hoje em dia da atualidade, então quando a gente estuda alguma parte dessa história da ciência a gente precisa levar em conta alguns contextos da época, claro que não se pode levar todos... mas aqui está, na verdade ele escreve isso porque ele está fazendo, na hora que ele está escrevendo as notas bibliográficas dele lá quando ele tinha 67 anos, então ele comenta sobre isso, a gente quis trazer para selecionar com o que a gente comenta aqui em sala (...)*

C - E1 referia-se à frase de Einstein (livro-texto, página 201) a seguir: "Mesmo os estudiosos de espírito audacioso e instinto apurado podem ter sua interpretação dos fatos prejudicada por preconceitos filosóficos":

E1: (...) *por que que a gente trouxe essa frase? Por que está contando bem, está mostrando bem, a questão da ciência, da imagem de ciência, não é mais deformada, que estaria na parte de ciência neutra, então aqui está falando exatamente que só vê o que queria ver, então eu queria ilustrar isso (...)*

C - Após E14 fazer uma síntese sobre como a ciência progride segundo Thomas Kuhn. Durante a apresentação, E14 mencionou que o paradigma novo vai resolver os mesmos problemas do dominante, apresentar soluções para as anomalias e ainda propor novas coisas para serem testadas pelos cientistas:

E18: (...) *tem que propor mesmo, ele sempre tem que ir além, ele não pode só (...)*

E14: (...) *para que adiantaria uma nova coisa se não vai além (...)*

E18: (...) *ele consegue provar o que não foi comprovado, já parece bom (...)*

E8: (...) *é uma comunidade de gente que está trabalhando nisso... não é um que está tentando provar um problema, é um amontoado de ideias que estão estabelecendo para explicar as anomalias e aí aparece novas ideias que resolvem essas anomalias e aí está no período de ciência normal, depois começa um paradigma novo (...)*

E17: (...) *mas eu acho que esse passo de ciência normal de Kuhn, eu sei, eu entendi não, mas eu acho que não existe, nunca existiu, porque sempre teve problemas que nunca foram solucionados pela Física da época, ah sei lá, não conhecia, ninguém então tipo sabia sobre Óptica, então está construindo conhecimento, não era um período normal, depois dele não se sabia sobre energia, sobre entropia, e aí tiveram que entender isso, depois formular a Termodinâmica, depois não sabia sobre Eletromagnetismo, tiveram*

que construir conhecimento, tipo assim, um novo, nunca houve esse conceito de anormalidade de fato assim (...)

P: (...) como é que não houve? Você está pegando, está olhando a história depois do acontecido... aí que a pessoa pensa que está tudo certo, tem exemplos aí mais fácil, têm exemplos aí em Kelvin, as pessoas não viam, achavam que... dá para ele mesmo os problemas, eram nuvenzinhas como ele diz... que poderiam dissipar, ele está dizendo(...)

P: (...) agora não vale olhar os capítulos seguintes da novela para dizer: ah está vendo! Está naquele período, parece que está tudo assim, bem, ou a culpa é sua, eu não consigo resolver bem, as bases teóricas estão construídas, tenho que trabalhar com elas para resolver, é o que se faz nos laboratórios, não se faz? Não se questiona lá a teoria, o corpo teórico, é a mesma coisa. Quando passa o tempo e a gente olha para história, a gente vê opa aqui tinha um problema que eles acharam que resolveram (...)

E18: (...) terminando lá, tem? Preciso então necessariamente, indubitavelmente tem que ter uma um avanço além de provar teu resultado(...)

E14: (...) diga para que tu queres uma teoria, se tudo repete a mesma coisa que tu viste antes? Se não propõe coisas novas (...)

E18: (...) tu vais destacar porque não teve nada novo? Ou tu vais adotar porque o cara consegue resolver o problema? (...)

E1: (...) ele está resolvendo o problema? Ele está resolvendo um problema que antes não era resolvido? Então pronto! (...)

P: (...) se é algo novo ele tem que prevê mais coisas, e não explicar o problema e apenas ele (...)

Aula 30 (seminário 14)

O capítulo 1 - Da formulação teórica à identificação do pósitron, do livro-texto intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” - conforme o professor e autor, contextualiza historicamente a proposição teórica do pósitron, abordando aspectos conceituais e epistemológicos do trabalho de Paul Dirac. A partir de uma discussão sucinta sobre a situação da Mecânica Quântica relativística em 1926, introduz-se a equação de Dirac para o elétron livre, explorando a interpretação que o próprio Dirac dá aos estados de energia negativa de sua teoria.

O capítulo 2 - Da transmutação à fissão nuclear, do livro-texto intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” - conforme o professor e autor, aborda-se a introdução do próton por Rutherford, a transmutação induzida artificialmente e a sequência de estudos que levam a descoberta do nêutron, por James Chadwick (1891-1974), em 1932. Discute-se ainda a radioatividade artificial e a fissão nuclear. A concessão do Prêmio Nobel de Química de 1944 a Otto Hahn (1879-1968), “por sua descoberta dos núcleos pesados”, exclui, injustificadamente, Lisa Meitner (1878-1968) dessa honraria.

Para tanto, os capítulos 1 e 2 foram divididos nos seguintes subcapítulos: Sobre métodos em física teórica, Sobre a busca por uma mecânica quântica relativística em 1926, A equação de Dirac para o elétron livre, Raios cósmicos, A descoberta ‘acidental’ do pósitron, Revisitando Heisenberg: o movimento de uma partícula em uma câmara de nuvem e o papel do observável em uma teoria científica, Um velho sonho dos alquimistas: a transmutação induzida artificialmente, A descoberta do nêutron, A radioatividade artificial, A fissão nuclear.

Discussão dos capítulos 1 e 2 do livro de textos intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” - Da formulação teórica à identificação do pósitron e Da transmutação à fissão nuclear (seminário apresentado por E3, E10 e E11).

C - Depois da exposição do vídeo que mostra a detecção de uma partícula:

E10:(...) *então a descoberta do pósitron foi acidental, isso... bom isso ilustra o fato, a gente acha que isso ilustra o fato de não existir um método científico, porque o Dirac propôs uma partícula que ninguém... que contrariava tudo que se acreditava, pode-se dizer que, uma partícula com... com uma carga ao contrário, com as mesmas características só que com carga ao contrário, e essa, e isso foi detectado por alguém que não estava inicialmente procurando por isso e, foi acidental, acho que isso é um bom exemplo de não, de não ser, o passo a passo que (...)*

C - E10 mencionou que Einstein numa conversa com Heisenberg disse que as convicções dos cientistas influenciam no experimento:

P: (...) *e aí tem a reprodução desse experimento, isso tudo que assegura que realmente foi encontrado (...)*

Aula 31 (seminário 15)

O capítulo 3, Novas forças e partículas na Física, do livro-texto intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...”, conforme o professor e autor, aborda a contribuição de Lattes na detecção dessa partícula teórica proposta por Hideki Yukawa (1907-1981) em 1935, considerada a partícula mediadora da interação entre prótons e nêutrons. O múon, detectado experimentalmente por Carl Anderson, em colaboração com S. H. Neddermeyer (1907-1988), em 1937, é parte dessa história, já que inicialmente se pensou ser esta a partícula de Yukawa.

Para tanto, o capítulo 3 foi dividido nos seguintes subcapítulos: O que mantém o núcleo atômico coeso? A proposição teórica de Yukawa, O múon, César Lattes e a descoberta do píon, Sobre a Conferência Nobel de Cecil Powell.

Discussão do capítulo 3 do livro de textos intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” - Novas forças e partículas na Física (seminário apresentado por E8 e E16).

C - Ao descrever o subcapítulo 3.1 do livro-texto:

E16: (...) *um vai prevendo, um vai ajudando o outro na teoria, o Yukawa previu, depois o Lattes vai lá e vai... um vai contribuindo com o outro (...)*

E8: (...) *eu não lembro como é o novo termo, não são mais imagens deformadas da ciência professor? (...)*

P: (...) *é... um gênio isolado e tal (...)*

C - Sobre a participação de Lattes com Eugene Gardner em detectar méson π artificialmente no laboratório de radiação de Berkeley:

E8: (...) *mais uma imagem de que a ciência não é individualista (...)*

E16: (...) *um contribuía com o trabalho do outro (...)*

C - Acerca da questão levantada no final do seminário: “Com base na apresentação do seminário e na leitura do livro-texto, seria justo, ou não, o Lattes e o Occhialini também participarem do Prêmio Nobel?”

E8: (...) *eu coloquei na resenha, eu, a gente acredita, o consenso de nós dois, tínhamos que fazer a resenha junto, é que se o... fosse hoje no século XXI, o Brasil tem, hoje tem uma posição de destaque no meio econômico, e no meio cultural, social. Se fosse hoje eu acredito que o Lattes participaria do Prêmio Nobel, até então eu não sei era porque ele era brasileiro ou se o Cecil Powell era o chefe do laboratório aonde o... isso deve ter acontecido muitas vezes, o chefe do laboratório ganhar o Nobel por conta dos trabalhos dos seus (...)*

P: (...), *mas o Occhialini não era italiano? E aí? Mas se der para o Occhialini tem que dar para o Lattes! E aí tem outras coisas em*

jogo... o Prêmio Nobel, Nobel na verdade que se diz, tem outras coisas, muitas outras coisas envolvidas ali, então (...)

P: (...) bom! Então essa questão da ciência elitista e tal isso nem cabe mais hoje, é só a gente olhar na parte de Física de Partículas ali, quantas centenas e milhares de pessoas trabalham naqueles, não só nos aceleradores, mas nos detectores, são edifícios, não é, imagina (...)

E8: (...) é! Eu trabalho num portuário de estudantes de computação, e pra gente ter uma ideia, tem um algoritmo bem famoso aí da criptografia que é o RSA, e que a sigla dos três caras, um deles mandou produzir um paper nosso do português para o inglês, e pra poder diferenciar, então eu não acho que tenha mais essa questão muito elitista mesmo, por ser do 3º mundo, eu nem sei se foi por isso que ele não ganhou, não sei, eu acho, a minha opinião é de que fosse hoje ele ganharia, como participante, Occhialini também entraria na onda (...)

Aula 32 (seminário 16)

Os conteúdos relativos ao capítulo 4 - A proliferação hadrônica e novas leis (regras) de conservação, do livro-texto intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu... - conforme o professor e autor, ilustram a proliferação do número de hádrons tornou inevitável a busca de princípios ordenadores na física, tanto para classificar as novas partículas quanto para explicar porque certas reações ocorriam e outras não. Às conservações da massa-energia, do momento linear, do momento angular intrínseco e da carga elétrica vieram somar-se muitas outras, como as conservações do número bariônico, da estranheza (nas interações regidas pela força nuclear forte e nas interações eletromagnéticas), do número leptônico do elétron, do número leptônico do múon, do número leptônico do tau...

O capítulo 5 - Sobre os quarks de Gell-Mann, Nambu..., do livro-texto intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” - conforme o professor e autor, introduz os multipletos de Gell-Mann, abordando certos paralelismos entre o sistema classificatório de partículas introduzido por esse físico e o sistema periódico proposto por Dmitri Mendeleev (1834-1907). A proposição dos quarks, por Gell-Mann, é seguida de uma discussão sobre o quantum da interação eletromagnética e os quanta da interação forte. Nessa trajetória de estudos, chega-se a unificação de duas forças fundamentais da natureza – a força eletromagnética e a força nuclear fraca.

Para tanto, os capítulos 4 e 5 foram divididos nos seguintes subcapítulos: Partículas V, Um sentimento de conquista pouco duradouro, Partículas estranhas, antipartículas, novas leis (regras) de conservação, Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu..., A conservação do número leptônico (do elétron, do múon, do tau), Outras leis de conservação, O enigma $\theta - \tau$ e a violação da paridade nas interações fracas, Prelúdio aos quarks: os multipletos de Gell-Mann (e Ne’eman), Quarks, O quantum da interação eletromagnética, Os quanta da interação forte, A unificação das interações fraca e eletromagnética.

Discussão dos capítulos 4 e 5 do livro de textos intitulado “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” - A proliferação hadrônica e novas leis (regras) de conservação e Sobre os quarks de Gell-Mann, Nambu...: (seminário apresentado por E2, E4 e E18).

C - Posicionamento de E4 sobre a introdução do capítulo 4 do livro-texto:

E4: (...) é o último seminário que fala, fala sobre Física Contemporânea, está aí muitas das pessoas envolvidas, os cientistas e que estão vivos, que é bem legal, risos... Isso é bem bacana, risos, bem contemporâneo, bem recente, então a gente já percebe que

nesse período não tem tanta, tantas figuras assim como que acontecia lá com o Newton da maçã que caía na cabeça dele, então já não gera tantas historinhas por volta de, nesta parte já não geram tantas essas historinhas, a gente já percebe isso, o fato de ser mais recente, da gente está acompanhando o tempo todo, acho que isso é um lado bem bacana (...)

C - Sobre a detecção experimental das partículas V:

E4: (...) aqui é muito legal, que a experiência e a teoria tão caminhando meio que junto, os experimentos vão se aprimorando à medida que as teorias vão avançando também (...)

C - Após síntese de E4 acerca da evolução dos aceleradores de partículas (Dos tubos a vácuo ao LHC):

E2: (...) é uma coisa que se retroalimenta, a teoria prevê certas partículas, vai lá e desenvolve equipamento para medir, depois com aquele equipamento ela também te mostra outras coisas que força tu revê sua teoria, então tem toda a evolução dos aceleradores, marco zero com o tubo de Crookes até chegar no LHC, com as respectivas energias, cada vez (...)

E18: (...) a quantidade de energia, como eu estava comentando com vocês, eu começo com alguns MeV, depois vou para alguns GeV, eu estava conversando entre a gente que o LHC é proposto para trabalhar com alguns TeV... bem sempre Rutherford fala, maiores energias, mais a fundo a gente vai poder estudar (...)

P: (...) é mais recurso que se precisa (...)

C - Após E8 falar sobre os Quarks:

E18: (...) é aquela coisa que a gente estava conversando, o físico além da gente buscar ajuda no experimento, tem também aquela coisa da gente tocar na matematização da teoria (...)

C - Comentários decorrentes da notícia sobre a detecção do Bóson de Higgs:

E2: (...) a gente trouxe o conteúdo desde o começo da primeira detecção das partículas: as partículas V, os mésons, os kalos e culminado o que sabe hoje que é o modelo padrão, a gente deu sorte de ter uma notícia fresca aí para contemplar o seminário, e claro isso aqui é um modelo e ele tem uma certa gama de aplicabilidade, ele tem suas brechas, o Higgs de certa forma é uma, que agora se foi detectado vai dar mais ênfase pro Modelo Padrão, mas tem o Gráviton que não se circula e a gente tem a Física além do modelo padrão, devido às coisas que se desenvolveram com o tempo, então na verdade o estado de arte assim do capítulo final do livro (...)

P: (...) E quantas leis e regras de quantização, nossa! (...)

E18: (...) gostoso de ver como a teoria vai se criando assim, a gente não tem esse sentimento quando a gente aborda as outras assim, porque a gente não está vivendo isso, e agora que é uma coisa tão complicada, você vê assim, os caras descobrem uma partícula, descobrem outra, pô tem alguma coisa que não fecha, juntos a gente sente como é que eles tão montando, a trajetória toda, eu achei bem, bem gostoso ter essa, se sente, se sente quase participante assim (...)

E4: (...) é muito legal que a teoria, vai surgindo as partículas depois é comprovada na experiência também, as coisas vão se comprovando depois (...)

E18: (...) e também o inverso, encontram a... não teve esse (...)

P: (...) e tem toda uma matemática pesadíssima... não foi tão simples assim(...)

E4: (...) *ainda que voltar umas aulas muito atrás que parece que eu tinha a sensação de que a ciência não evoluiu assim nos últimos anos, uma coisa que a ciência evoluiu bastante nesses últimos anos (...)*

E11: (...) *teve muito avanço para um século, muita coisa... ao longo da disciplina a gente pode experimentar (...)*

C - Depois que o professor pediu sugestões à turma para os próximos seminários:

E4: (...) *eu acho que a gente nunca vê essa ordem cronológica do que as coisas vão acontecendo, quando pego o livro do Heisenberg que a gente está estudando, a gente só vê o, chega lá na teoria do Planck, mas não vê o tudo, o resto que teve por trás daquilo então (...)*

E11: (...) *talvez trazer alguns textos de outras pessoas também para gente ter uma outra visão, ah os textos do professor são bem escritos e eles contemplam uma coisa gigantesca, nesse início, do primeiro livro até o quinto, só que eu acho interessante também a gente vê outra coisa, por exemplo, aquele sobre Thycho Brahe foi muito legal e eu acho que faltou isso mais na metade, no final da disciplina, em que todo mundo estava atarefado com prova etc, mas é uma disciplina que também a gente está fazendo então tem que... então seria interessante algum texto assim diferente no meio (...)*

Apêndice H

Entrevista cedida e validada pelo professor da disciplina ECF da UFSC (semestre 2012.1)

1. Introdução (entrevistador)

- 1.1 Apresentação do entrevistador.
- 1.2 Propósito da entrevista.
- 1.3. Por que a entrevista está sendo realizada?
- 1.4 Garantia do anonimato.
- 1.5 Permissão para usar o dispositivo de gravação em áudio.
- 1.6 Tempo da entrevista.
- 1.7. Como os dados serão utilizados?

2. Formação acadêmica (currículo Lattes)

- 2.1. Qual a sua formação inicial (graduação)?
Bacharelado em Física (UFRGS).
- 2.2. Qual a sua formação em nível de pós-graduação?
Mestrado em Física (UFRGS) e Doutorado em Educação (UFSC).
- 2.3. Possui produção acadêmica na área?
Sim (artigos, capítulos de livro e livros publicados/organizados).
- 2.4. Possui grupo de pesquisa ou vínculo com algum(ns) grupo(s) de pesquisa? Qual(is)? (nome, temática(s)/linha(s) de pesquisa, integrantes, trabalhos...)
Sim. História da Ciência e Ensino de Física (resposta ao item 3.5).
- 2.5. Você tem alguma formação específica na área de HFC? Especifique.
Doutorado (título: As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica).

3. Familiaridade com HFC (entrevista)

- 3.1. Há quanto tempo ministra a disciplina ECF? Além de você, quem mais ministra ou já ministrou essa disciplina?

“Olha, vai para quase 10 anos... Foi o Fred e o Arden. São estes dois professores que já ministraram a disciplina antes de eu pegá-la e essa disciplina também foi ministrada em semestres esporádicos por mais outros dois professores. Um com certa familiaridade na história e na filosofia da ciência, o outro sem nenhuma. ”

- 3.2. Como ocorreu o primeiro contato com o conteúdo de HFC? E com a disciplina ECF?

“Foi através dos eventos e com os colegas paulistas que começaram a chegar aqui no departamento e daí comecei a ver que seria, tinha boas perspectivas para o ensino da física, inicialmente através de concepções alternativas paralelas com a história. Essas coisas que me aproximaram dessa história da física...”

E aí veio o primeiro contato com a disciplina Evolução?

“Não... desse contato resultou a participação nos eventos, foi mais ou menos por aí que eu comecei a prestar mais atenção no tipo de trabalho que se apresentava nos eventos, e depois me levou ao doutorado. Depois do doutorado é que eu peguei a disciplina de Evolução. Depois que eu voltei, quando eu concluí meu doutorado, foi em 98, eu deixei passar um pouco e logo depois eu peguei a disciplina. ”

3.3. Para você, a disciplina ECF precisa ter pré-requisito(s) do professor? Caso sim, qual(is)? Por quê? Caso não, por quê?

“Risos! Olha, tem que ser alguém da área de pesquisa em Ensino de Física. Senão, essa é uma disciplina totalmente divorciada daquilo que a gente pensa dentro do que seja uma disciplina de evolução dos conceitos... então o professor Marcelo Tragtenberg, ele tem leituras, ele é da Física do Estado Sólido. E um semestre que eu não pude ministra a disciplina, que eu estava ministrando o EaD, eu tinha aulas, acho que na terça e eu acho que nas sextas-feiras, então ele ministrou a disciplina, usou meus textos, aliás, para fazer as discussões. Então esse tem familiaridade com os conceitos, mesmo não sendo da área de pesquisa, mas ele tem leituras e tem interesse, ele é uma pessoa esclarecida, mas se for um professor, vamos dizer, simplesmente da física, que for ministrar essa disciplina, eu acho que não vai dar certo, ao menos como a gente concebe que deva ser essa disciplina, e ao longo dos departamentos ou pelos departamentos de física pelo Brasil, como tu viste num dos capítulos da dissertação da Danielle, tem muitas maneiras de conceber uma disciplina de história, de evolução dos conceitos da física, muitas maneiras, a gente vê aquelas ementas, pela própria bibliografia, então, não é que a nossa esteja certa, mas eu acho que pessoas com a nossa formação são as mais indicadas para ministrar essa disciplina.”

3.4. Em função de sua experiência com a disciplina ECF, quais são as suas impressões sobre essa disciplina em termos de aprendizagem de conceitos e da transformação das imagens dos estudantes sobre a NdC para imagens mais críticas (resposta ao item 4.4.3)?

“Por uma disciplina de final de curso em princípio os alunos devem dominar os assuntos, agora não tenho a menor dúvida que ela faz a revisão de vários conceitos... ontem mesmo relatividade foi um exemplo claríssimo do que eu estou falando... com frequência acontece isso e é bom que isso aconteça, porque é uma oportunidade das pessoas reverem alguns conceitos e tal... apesar da disciplina não ser voltada para o conceito em si, mas sem o conceito a disciplina, como é que eu vou dizer... não pode ser desenvolvida sem os conceitos. Então... aquilo é um livro de divulgação científica, seria..., mas não é uma divulgação, então, tem que abordar, aprofundar algumas coisas e outras nem tanto, mas enfim. Agora eu acho importantíssimo que ela tenha como pré-requisito, por exemplo, Estrutura da Matéria I. Do jeito que eu concebo a disciplina e a ministro, ela precisa ser uma disciplina de final de curso”.

Teria lugar para ECF em outra posição da grade curricular do curso de graduação em física?

“Só se ela fosse desmembrada, parte da história da física, mas isso aí seria problemático, nosso departamento, ela está lá... ampliar, como eu estou tentando ampliar só via disciplina optativa, são trabalhos que se faz com o tempo. Quem sabe a disciplina optativa não vira uma disciplina obrigatória, mas eu nem tenho essa pretensão com a disciplina de história. Seria uma disciplina mais voltada para a licenciatura e tal. Se ela for uma disciplina como eu imagino que possa ser de sucesso, e ela depois dá para se pensar em deslocar uma disciplina como essa para um estágio mais anterior na formação do licenciado nesse caso, e ela teria que ser adaptada a um conteúdo já visto ou está sendo visto pelo aluno. Então, por enquanto ela aparece lá como uma extensão da disciplina de Evolução. Então quando os alunos fizeram a listagem eles botaram: alunos interessados em Evolução II, botaram entre aspas Evolução II (risos)... é uma continuação da disciplina (...)”

3.5. Você lidera um grupo de pesquisa sobre o uso da HFC no ensino de física⁴⁹. Quantos estudantes de graduação, mestrado e doutorado você orienta atualmente? Quais seus projetos de pesquisa?

“Um projeto que vai ser desenvolvido no ano que vem, vai ser o estudo dessa disciplina optativa, então vai demandar muita energia. E meu projeto de pesquisa está terminando

⁴⁹ <http://evolucaodosconceitos.wix.com/historia-da-ciencia#!grupo-de-pesquisa/c54p>

agora, eu pretendo elaborar outro que vai visar uma reformulação geral de todos meus textos. Como eu já dei a disciplina vários anos, vários semestres, e eu sei que tem pontos que precisam ser melhorados, mas leva tempo, porque aí a gente está falando em coisa de 1000 páginas, o texto tem quase 1000 páginas. Então ele tem que ser melhorado e pode ser ampliado, e aí tem que contar com a variável tempo para ministrar essa disciplina com textos com mais conteúdo ainda, por exemplo, a relação $E = m \cdot C^2$ não foi trabalhada no texto sobre relatividade, falta colocar ali e falta colocar o histórico da eletricidade desse trabalho que a Anabel está desenvolvendo, está começando a desenvolver, então tem coisas por se fazer, mas eu pretendo manter basicamente a estrutura dos textos como eles estão, como elas estão atualmente, então é melhorar o texto sobre relatividade, é ampliar um pouquinho que é aquele texto 3 sobre o átomo de Bohr, falar um pouco mais sobre o átomo de Bohr.”

Sobre o seminário de Anabel...

“Essa parte está faltando, então esse que vem a ser meu maior problema, isso demanda pesquisa, e demanda tempo para se fazer, então eu pretendo ainda estruturar um projeto, vai ter que ser de pesquisa e tal, como foi ao longo desses anos, então cada texto que os alunos usam foi objeto de pesquisa, todos eles... esses trabalhos recentes da Marinês, isso é um outro aspecto, a radioatividade, eu acho que cabe no meu texto uma discussão mais pormenorizada da radioatividade com base no quê? Com base no mestrado feito pela Marinês, então, esses trabalhos como o da Marinês como o do Fábio, que é sobre o conceito da simultaneidade... qual a relação do trabalho do Fábio com o da disciplina? Olha não está voltado para disciplina? Então isso vai enriquecer o próprio texto que os alunos veem, então vamos procurar enquadrar tudo, se o trabalho do Fábio for bem sucedido como eu acho que vai ser, eu vou procurar colocar um pouco do histórico do conceito de simultaneidade em algum capítulo, é claro, então o texto vai crescer, mas não importa, tem maneiras de tratar um texto maior e tal... então agora tem a Anabel que é uma futura aluna de mestrado, já está começando o trabalho, o que é ótimo para ela, já está saindo na frente dos colegas, tem esse trabalho sobre a simultaneidade que é do Fábio Pra, tem o trabalho da Larissa que é sobre a história da química, e tem a Marinês agora que está fazendo doutorado, que é um trabalho que está começando ainda, que a gente tem que fechar ele bem, eu acho que já está bem fechadinho, mas bom... os primeiros passos de qualquer trabalho a gente abre todas as possibilidades depois examina, fecha e pensa naquilo que a gente acha que é interessante. Então eu não gosto de ter muitos alunos, porque eu gosto de, sabe, trabalhar com intensa interação entre os alunos que eu escolho... requer tempo, todos os alunos têm um horário semanal comigo, todos, sempre. Se ele não quiser não vir não vem, porque às vezes não tem o que falar, mas é raríssimo, quase sempre, 95% das vezes eles vem aqui ao longo da formação deles “.

4. A disciplina ECF

4.1 Conteúdos

4.1.1. Quais critérios você utilizou para selecionar os conteúdos trabalhados na disciplina ECF?

“Quais critérios? Procurei ampliar o máximo que podia, que fuja aos conteúdos trabalhados na disciplina de maneira histórica. Porque a disciplina anteriormente não tinha toda essa abrangência que tem agora com outros professores... então eu vi, olha se os trabalhos estão dizendo que não se fala nada da física do século XX, então eu pensei: vou tentar incluir um pouco disso, o que é difícil, foi difícil, está sendo difícil, por quê? Porque eu não vi esse conteúdo na minha graduação, eu não vi nada desse conteúdo. Então esse texto não tem muitas páginas, tem 100 páginas, só três partes, mas é um texto que deu muito trabalho e precisa ser desenvolvido e tal, por isso que agora através das resenhas eu quero o retorno dos alunos... a terceira avaliação. Então o próprio texto lá de... o texto 2 ele foi ampliado, ampliado 100 horas de pesquisa... então falar sobre Descartes, aquele capítulo 1 que fala sobre Descartes, foi feito, 100 horas de pesquisa, que dizer eu tinha que fazer 100 horas desse último projeto para melhorar aquele texto, acho e ainda vão sendo feitas as coisas. A

resposta da sua pergunta é fazer, apresentar para os alunos um espectro mais amplo possível da história da física sem ser superficial demais porque senão não adianta. Então uma coisa que falta é um pouquinho da Física Quântica, mais aí, então agora tem essas duas opções, ou eu vou por esse novo caminho ou faço uma revisão dos textos, quero botar alguns originais, pegar alguns diálogos do Galileu e etc. Tem que mexer em todos e aí tem que ter tempo para fazer, então eu acho que vou dar preferência a isso do que partir para um novo texto e deixar algumas insuficiências e lacunas que ainda existem em aberto, eu acho que vou preferir fazer isso”.

4.2. Metodologia de trabalho na disciplina

4.2.1 Como você organiza as atividades de ensino?

4.2.2. Como é a dinâmica das aulas? Sempre foi assim?

“A metodologia é muito diversificada, então ela muda de semestre para semestre, a disciplina nunca é a mesma num semestre para o outro... o semestre passado... bom a disciplina já teve assim, falando em termos gerais, a disciplina já teve prova, já teve resenha, a disciplina no semestre passado não teve resenha, agora que tem uma resenha, teve avaliação com participação dos alunos, quer dizer, o item participação dos alunos que vai ser avaliado agora, já foi avaliado no outro semestre, mas um ou outro não foi, os seminários dos alunos, os alunos estão dando dois seminários neste semestre, no semestre passado foi a mesma coisa, mas no anterior não foi assim, foi um seminário só por aluno, faltou aluno, então eu procuro assim diversificar o máximo, fazer, por exemplo, o próprio seminário dos alunos, ele não é o mesmo, por quê? Porque tem este vínculo com as ideias “deformadas” que foi feito no semestre passado e nesse semestre eu estou reproduzindo, no outro, no semestre anterior não teve isso, tem o incentivo dos alunos utilizarem essas TICs, então, não é porque o aluno dá seminário, que os seminários são todos do mesmo jeito, não é, no semestre que vem eu vou pegar, a minha ideia é pegar alguns filmes que já estão separados e alguns vídeos, filmes, vídeos e procurar desenvolver um trabalho em cima desses vídeos, então vai ser uma coisa diferente desse semestre passado, desse semestre por exemplo. Então os alunos vão ter que ler os textos para poderem avaliar aspectos, que depois eu vou selecionar dos vídeos que vão estar ali dentro daquele texto... têm várias coisas, por exemplo, tem um filme sobre a Marie Curie que a Marinês e eu vamos fazer um trabalho em cima da parte escrita, em cima daquele vídeo, em cima do filme para fazer um contraste entre o que está sendo passado para os espectadores do filme e o que deve ser visto criticamente por alunos do curso da disciplina de evolução e que sabem que algumas afirmações não são as mais adequadas do ponto de vista de quem, é aquela cientista que está lá e tal. Quanto o produtor lá e o diretor tiveram que exagerar aquilo ali para dar mais emoção, sabe, tirar aquela expectativa no sujeito que está vindo o filme e tal... quer dizer, avaliar mais criticamente... quer dizer, está errado o filme que ele fez? Não? Está completamente certo, agora qualquer coisa que se fale sobre ciência se passa mensagem que essas mensagens podem ficar no nosso subconsciente e depois contribuir para a construção de imagens equivocadas sobre a própria natureza do trabalho científico. Então a disciplina é sobre história da física, mas como Lakatos diz: a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega. Então tem que ser uma história crítica, senão fica uma história só relato dos fatos, que ninguém quer isso. ”

4.2.3. Que materiais didáticos você utiliza na disciplina? Quais foram os critérios que você utilizou para selecioná-los?

“Aí que está! Os materiais que eu uso são os que eu desenvolvi, mas há possibilidade, o aluno tem na bibliografia do ‘moodle’ artigos que ele pode ler, então agora você está vendo, têm vários alunos que estão dizendo que querem acesso aos artigos complementares e não estão tendo, por quê? Porque quando houve essa mudança de ‘moodle’ se perdeu toda, agora o rapaz teve aqui, um aluno teve aqui antes de ti, ele disse que não tem um ‘link’ na parte de artigos, que tem tantos artigos recomendados, não tem um ‘link’ disponibilizado, então foi um problema de redirecionamento aí, tem que resolver isso como um todo, não é

possível pegar, se lá... deve ter mais de 100 artigos, estavam todos 'linkados', tudo direitinho, a pessoa 'linkava' lá e já abria, fazer tudo isso de novo... tem que ver se consigo recuperar essa parte, que ficou fora, estava tudo separadinho, tudo direitinho. Quando a Danielle, ela era encarregada da disciplina, ela fez assim um trabalho excelente, a gente fez, separou todos os 'links', estava tudo organizado ali, quando mudaram para esse 'moodle' se perdeu isso tudo... Conversando assim com leituras que ela fazia e que eu fazia. Então, a gente colocou aí, nem todos os artigos eram lidos, mas eram de pessoas que tinham, bem-conceituadas e a gente via o resumo dos artigos e as conclusões, bom esse artigo pode ser interessante se não para agora... que esse rapaz que teve aqui quer fazer, ele quer salvar os artigos tudo para quê? Ou seja, essa disciplina está sendo útil para ele, porque ele vai fazer outras leituras. Infelizmente, sabe, os alunos têm muito texto para ler, mas isso não impede, que esporadicamente, principalmente quem dá seminário, se interesse por outras leituras, vistas ontem mais um exemplo, uma aluna que ficou com o livro do Poincaré, então eles, sabe, esses alunos, têm alunos que se interessam por coisas específicas e aí eles vão ler. Não é, eu tenho visto isso, não é praxe os alunos pegarem e lerem numa discussão mais geral, as leituras que estão ali. Mas quando eles estão encarregados de ministrar algum seminário, eles sentem falta do complemento, e aí que entra... então eu digo para eles, para não ficarem com a visão de só um autor, então está ali as referências, oportunamente mais adiante quem sabe vocês vão ter outras referências que vão dar maior abertura e tal. Têm as referências em cada final de texto, de cada capítulo, têm as referências de quem se interessa... isso é o que distingue, por exemplo, um conjunto de textos feito pelo mesmo autor, no caso eu, de um conjunto de artigos. Dá para estruturar a disciplina em função do conjunto de artigos, por que não? Dá para fazer isso, mas com certeza nós vamos ter diferentes concepções epistemológicas de vários autores ali e muito provavelmente haverá colisões ali entre elas e ali entraria o professor. Quer dizer, quando se pega um autor só, corre-se o risco de ficar com a visão daquele autor, disso eu tenho plena consciência, por isso eu procuro deixar as coisas, abrir os horizontes, abrir a perspectiva mais geral, procuro ter este cuidado... inegavelmente eles irão ficar com a minha visão da disciplina. Por outro lado, tu conferes um caráter mais geral com base em artigos, de vários artigos de vários autores. Tu não vais ter, não se pode ter uma unidade, tão necessária numa disciplina, para ela ser disciplina. Você precisa ter uma unidade, ela não é um conjunto de seminários. Você não pode constituir uma disciplina, imagina o pessoal vai falar, da gravitação, fala... pega um artigo sobre o Newton, o quê que a pessoa vai fazer? Vai começar no Aristóteles, vai terminar no Newton. Então como é que eu vou, qual é o artigo que vai falar só sobre o Aristóteles, ou só sobre o Kepler, enfim, entende? Tem outros problemas relacionados a ensaios de artigos para estruturar uma disciplina assim. Sabe, eu até já pensei em fazer isso, mas eu digo: eu acho que é desprestigiar tudo o que já foi feito na disciplina. Então eu acho que é melhor investir na melhoria dos textos... primeiro eu procurei me qualificar através do doutorado de 94 a 98 e a partir dali eu comecei, bom já tinha aquela parte da Mecânica, fez parte do meu doutorado, tinha até um pouco de relatividade, depois eu comecei a pesquisar os textos, cada um daqueles textos e outros que entraram, então, tem outros textos aí que eu tenho escrito que não entraram na disciplina, história, por exemplo, da conservação de energia tem coisas que eu nem uso na disciplina... o calórico ali, eu tenho escrito a história do calórico, coisas bem, que eu gosto aliás, mas não consegui encaixar, talvez agora, talvez não, com certeza, a partir dessa reformulação, reformatação dos textos, ele possa entrar como apêndice, alguma coisa assim."

4.3 Avaliação

4.3.1. Quais instrumentos você utiliza para avaliar seus estudantes? Quais são os critérios de avaliação? Resposta no item 4.2.2.

4. 3. 2 O que você espera que os estudantes aprendam ao final do curso? Resposta no item 3.4.

4.4 A disciplina no currículo e na formação dos licenciandos e dos bacharelandos.

4.4.1. Na sua opinião, qual a função da disciplina ECF na formação do licenciando e do bacharelando em física?

“No licenciando ela é crucial, fundamental, porque vai possibilitar o quê? Que ele desenvolva estratégias, metodologias no ensino de alguns conteúdos inclusive da história, não quer dizer que ele deva fazer sempre uso da história, mas talvez alguns conteúdos sejam apropriados para fazer o simples paralelo entre concepções historicamente esperadas, cuidando, isso aí que a gente fala na disciplina, cuidando dessa ideia de precursor, essas coisas com os devidos cuidados. Para o bacharel, o bacharel muitos deles, vão ser futuros professores, então, no mínimo, se não contribuir, vamos dizer, para o ensino universitário desse professor, pelo menos vai contribuir para a formação geral dele... Essas pessoas, será quando depois estiverem em sua sala de aula não vão fazer alguns contatos com a história? Provavelmente sim, quer dizer, está se apostando numa cabeça mais aberta, mais adiante, mas para isso ele tem que ver, o bacharel tem que ver alguma razão para ter esse conhecimento histórico, e isso é o que a gente faz um esforço, a gente faz para... foi importante, então, é bom para todo mundo... nossa disciplina aqui, essa interação entre os bacharéis e os licenciados, eu acho que é, é muitíssimo importante. Então ao longo do tempo eu percebo como ela é essencial... na própria disciplina, um contribui com a formação do outro. Então, é pena que isso não possa ser dito para todo mundo... qual a importância disso aqui, eu acho que eu estou certo não é... não sabem, é o mundo que se desenvolve ali, é claro que nem todos os bacharéis gostam da disciplina de evolução, mas olha quase que 90%, entre 75 e 90% gostam... eu digo assim, segurança, 75% gostam da disciplina, mas tem uns que de fato não veem lógica... o que é natural... eu acho perfeitamente natural que as pessoas não vejam razão para estudar história porque não interessa, para elas não interessa, então existe toda, todo tipo de mente, desde a mais aberta a mais fechada e eu tenho que aceitar isso... tu vês que a disciplina contém uma outra importantíssima contribuição, principalmente para os bacharéis, quando eles ministram seminário, então, se você perguntar para os alunos, eles não querem uma disciplina só como foi desenvolvida no começo do semestre. Eles querem dar o seminário, querem, várias turmas já me disseram isso, entende... para mim dá mais trabalho que os alunos deem seminário que eu mesmo discutir o conteúdo... é verdade. A gente pensa, ah os alunos dão o seminário, o professor não faz nada, pelo contrário, tem coisas que eles não frisam que eu gostaria de frisar, agora tem coisas que eles trazem que eu não traria, então, tem vantagens e desvantagens. Quando tu vês, a aula de ontem para mim faltou vida, foi uma aula quantizada. Pum, pá! A gente fica pensando o que ele vai dizer? A outra menina nervosa, pesquisa, daqui a pouco volta, falta animação, sabe, falta aquela coisa que... talvez com o tempo se tenha... Tu vias a boa vontade, são dois alunos sérios ali, olha eles tiveram um tempão conversando comigo sobre cada parágrafo, eu não vou dizer parágrafo que eu estou exagerando, mas ‘n’ parágrafos do livro, eles queriam saber o quê que era aquilo? O quê que o professor quer dizer aqui? O que o professor quer dizer? O que nós interpretamos está bem? É isso mesmo? Não é? Isso foi um tempão... O E18 também teve aqui um tempão, foram duas vezes, o E18 e o E7, os dois vieram aqui e perguntaram e tal, agora o E18, por exemplo, quer o texto do Maxwell, eu mandei para ele hoje, o texto do Maxwell. Aliás eu quero pegar algumas coisas do próprio Maxwell, tem umas figurinhas, Maxwell faz ali sobre o meio, como ele visualiza que está no artigo não sei se do Abrantes ou do Roberto Martins, para eles verem que meio era aquele. Eu acho que está no artigo do... não sei, um dos dois. Então, eu quero colocar, eu quero extrair exatamente do texto do Maxwell, quero colocar as equações como o Maxwell colocou para depois confrontar com essas que... sabe, então tem coisas, têm ‘n’ coisas que estão na minha cabeça, que eu preciso fazer no texto eu e o texto... está tudo na minha cabeça já, está tudo na cabeça já. ”

4.4.2. Para você, abordagens históricas e filosóficas devem ser contempladas em outras disciplinas do curso? Ou devem ser contempladas em uma disciplina isolada como ECF? Por quê?

“(...) ela deva ser contemplada em outra disciplina do curso sempre que possível, tem o exemplo concreto de Física A e B que a gente escreveu o texto, ela tem conteúdo histórico. Se bem que tem conteúdo compartimentalizado no capítulo, certos textos, de Física A e B, pois é, elas têm capítulos sucintos na verdade sobre, cada livro tem, cada texto tem um capítulo, então, mas está ali, e como eu acho que tem que ser uma, sabe, ter uma inserção histórica, seria desejável que tivesse inserção histórica em cada disciplina, mas isso aí a gente sabe que não é muito viável, alguns professores, tem um professor, Carlos Cunha, que ele fazia isso na, agora ele está aposentado, ele fazia isso na disciplina de Mecânica Geral e na disciplina de Eletromagnetismo até no... então tem professores que fazem isso, e os alunos ficam dizendo, o professor que está no laboratório, que é o Valderes que também fala sobre a história, eu o convidei para uma banca de um aluno aí, ele gostou de participar da banca, então, a gente procura mais ou menos estabelecer algumas intersecções, agora com os novos que estão entrando no departamento, um grande número, eu não sei qual é a visão deles e tal. Um dos novos que entrou na Física Nuclear, ele, deu um seminário na igreja, eu não sei se você conhece o que é a igreja... pois é, na igreja ele deu um seminário que eu até assisti. O seminário que ele deu... e abordou aspectos históricos, mas aí tiveram várias falhas assim quando ele falou de Galileu, então a gente vê que a pessoa tem boa vontade e tal, mas quando faz uso da história não é aquele artigo mais indicado, sabe, mas tu vê o esforço da pessoa, mas poderia lá falar coisas mais técnicas, enfim, mas ele se preocupou em contextualizar, fez um histórico até chegar lá no ponto de partida e tal, fez um histórico e a gente tem que valorizar isso.”

4.4.3. Uma disciplina de HFC, dada no final do curso, é suficiente para provocar as mudanças necessárias nas concepções dos estudantes sobre a NdC? Por quê?

“Olha, não sei que tipo de mudança, mas alguma coisa com certeza, algum impacto tem, não sei qual a grandeza do impacto, mas a gente vê pelas respostas dos alunos, e certamente não acredito só no método, não acredito mais no sujeito sozinho, mesmo no tempo mais remoto... Agora quando falamos dos grandes laboratórios, aí tem uma interação fantástica, qualquer um sabe quando olha o funcionamento dos aceleradores, por exemplo, demanda centenas de pessoas. Quem é que vai duvidar da colaboração que existe aí? Mas eu estou dizendo que mesmo com o Newton que parece isolado, ele leu coisas, os alunos, imagino eu, percebem que o Newton leu coisas, o Descartes não foi pelo mundo a fora para ver? Tem que ver, muitas mensagens que eu acho que estão ficando, quer dizer, claro que precisariam ser reforçadas porque senão... isso aí o cérebro dele se organiza de tal forma que algumas informações se elas não são mais repetidas, não são mais reforçadas, um dia elas se diluem... Mas eu tenho absoluta certeza que quando, este vínculo com as imagens inadequadas ele ajuda, os alunos colocam isso com frequência nos seminários e ninguém contesta, todo mundo acha para lá de natural o que eles estão dizendo. Agora vamos ter um capítulo de relatividade onde vai perguntar: a relatividade é uma teoria revolucionária ou não? Quer dizer, mais um aspecto vai ser discutido sobre o que é contínuo ou não contínuo. O quê que o Einstein achava? O próprio Einstein vai dizer: a relatividade especial é uma continuidade e o outro não, a geral não é. Então isso tem que ficar na mente desses alunos, não é possível que não fique, eles estão lendo, eles estão participando das discussões, eles estão perguntando, estão se posicionando... bem crítico, então é muita pretensão achar que uma disciplina no final do curso vai fazer profundas transformações nos alunos, mas que ela transforma isso é inegável, quanto? E em que grau de permanência, isso a gente não pode dizer, só a pesquisa, não tem como não falar de pesquisa... mas a gente vê na própria situação de sala de aula que... as pessoas estão muito mais abertas, os alunos estão muito mais abertos... você fala sobre essas coisas, você não vê nenhuma sobrelha assim, uma testa franzida, tu vê na face deles uma expressão normal como se fosse uma coisa óbvia é só a gente olhar para os alunos a gente vê isso, fico olhando às vezes quando eles falam

algumas coisas, eu olho assim para ver que impacto tem o que eles estão dizendo. Eu acho a permanência, a pessoa tem um semblante assim, tranquilo, sereno, não ficam ou é, o quê que ele está dizendo? E agora quando eles verem no primeiro capítulo do último texto, os diferentes métodos defendidos pelo próprio Dirac, puxa, isso vai ser o reforço do reforço do reforço, dito pelo Dirac, que método é esse? Ô método! Que método? Isso vai ser frisado com certeza. O seminário que o Dirac dá, ela fala sobre os diferentes métodos na Física Teórica, método físico que faz uso dos dados, ele faz uso dos dados com as concepções que ele tem, como o Heisenberg e o método da própria Mecânica Quântica de Schrödinger que deixa os dados e diz, não, é uma função de onda que tem um papel e tal. Então duas pessoas desenvolvendo coisas em bases distintas, com concepções epistemológicas distintas que chegam a estruturação de duas versões da Mecânica Quântica, chegam ao mesmo resultado. Duas reformulações diferentes de estudar a Mecânica Quântica, duas concepções de ciência diferentes que chegam ao mesmo resultado. É mais uma contribuição do agora o físico, como o Dirac, que vai dizer: olha esta coisa de método é uma fantasia. Quando estiver lendo qualquer livro que falar o método científico, eles vão dar um pulo da cadeira, com certeza... tu fizeste um pequeno teste com ele e passaram com uma felicidade incrível... uma coisa assim nada mais do que óbvio para eles. “

4.4.4. Para você a HC deve estar associada da Filosofia da Ciência (FC)? Por quê?
Resposta ao item 4.2.2.

“Com certeza absoluta, isso eu não tenho nem dúvida”.

4.4.5. Em sua opinião, a disciplina ECF poderia ser oferecida em outro período do curso? Caso sim, qual? Por quê? Caso não, por quê? Resposta ao item 3.4.

“Teria que ser modificada, teria que ser reformulado, agora como eu te digo de novo, talvez aquela disciplina “Ensino e História” possa ser integrada antes e não lá no final do curso. Aí teria que ver. Eu vou investir forte nessa disciplina com certeza e tal. Já tem um outro texto que eu já construí... já tem quase 80 páginas de texto para esta nova disciplina... a História da Eletricidade ali, tem um outro sobre a função lá dos estudos que eram desenvolvidos com o peixe elétrico. E o Volta vai se inspirar com o próprio peixe elétrico lá para botar as camadinhas lá. ”

4.4.6. Para você, a disciplina ECF deve ter pré-requisito(s) do estudante? Caso sim, qual(is)? Por quê? Caso não, por quê?

“Eu acho que não. Aqui o aluno que faz o curso de física, dizem para ele o que tem que cursar antes e depois, dizem que algumas disciplinas são essenciais para cursar outras e aí tem que fazer, independentemente do ele acha bom ou não, ele tem que fazer. Então da parte do aluno eu não vejo..., mas a gente não exige isso, mas eu já percebi que mesmo o aluno do bacharelado alguns, são raros, são poucos, eles têm leitura da filosofia da ciência, às vezes fazem até curso na filosofia lá, já vi alunos fazendo isso, mas são poucos, em geral, os alunos não têm leituras assim que seriam interessantes para a disciplina. Nessa disciplina tu viste ontem, como é o nome dele que estava horrorizado com algumas colocações do... o outro que estava lá atrás, ele leu Descartes e tudo, tem leituras aprofundadas, eu diria até... o E2 do Descartes, ele já mostrou isso, tinha leituras do Descartes, são pessoas que têm leituras por fora. Em geral, os alunos não... você não precisaria que eles tivessem leituras, não quer dizer que os alunos não leiam coisas, no semestre da Danielle lá, que ela fez a aplicação, este semestre foi o anterior, tinha um aluno que volta e meia citava o livro do Heisenberg... como era o título do livro... Mas o livro do Heisenberg, ele volta e meia, ele entrava com os exemplos ali, ele era fascinado pelo Heisenberg... podem ser leituras através de outras disciplinas, tem a instrumentação de ensino, que ela pega alguns, ela discute assim bem superficialmente alguns autores, alguns filósofos da ciência, mas ela dá assim uma pincelada muito rápida, então, dependendo do professor que está dando, ele pode indicar algumas leituras, alguns alunos da licenciatura já têm certa familiaridade com o Kuhn, com aspectos gerais do Lakatos... a disciplina exigida é

Estrutura da Matéria que já cursaram antes, então eles podem fazer ou no último semestre ou antecipar um pouquinho e fazer no penúltimo.”

4.4.7 A disciplina ECF deve ter pré-requisito(s) do currículo do curso? Caso sim, qual(is)? Por quê? Caso não, por quê? Resposta ao item 4.4.6.

4.4.8. Por que a HFC é importante para a prática profissional dos futuros licenciados e bacharéis em física?

“Para o bacharel ela entra como, o bacharel ela tem duas possibilidades: vendo o bacharel com um futuro professor, auxiliando nas estratégias, metodologias etc e tal. Vendo o bacharel como uma pessoa que sei lá, como uma pessoa que terminou os estudos e não vai para dentro da universidade, contribuindo para formação geral. Para o Licenciado, vais contribuir com a metodologia, com as estratégias, fora ensinar determinados conteúdos, como já tinha dito antes, ele pode fazer algumas associações, seja sobre a natureza da ciência, seja de caráter mais conceitual, fazendo aqueles paralelos, contrapondo a física intuitiva com momentos mais ou menos da história e de mudança desses momentos ao longo da história. Isso aí é muito rico em estratégias, metodologias... tu vais enriquecer as discussões em sala de aula, vai fazer com que a física não seja só centrada na resolução de problemas, vai talvez poder fazer com que o aluno se interesse por leituras, por acesso a sites onde ele possa ampliar os conhecimentos, eu estou falando do Ensino Médio, mas para quem for dar aula no Ensino Médio, que são os nossos professores daqui. Eu acho que as aulas vão ficar mais ricas, mais interessantes, vão contribuir para as pessoas serem mais críticas e não aceitem aqueles conteúdos assim, pelo peso da autoridade do professor, do livro-texto, se o professor for esclarecido ele vai poder mostrar que qualquer texto tem coisas boas e coisas não tão boas, e que é essencial, e não que o livro está lá e é aquilo que tem que ser e tudo mais.

4.4.9 Como você aborda na disciplina ECF a integração entre o conteúdo histórico-filosófico e o conteúdo de física?

“Fazendo algumas contas às vezes, porque senão fica muito qualitativo, por isso eu faço algumas contas às vezes para não distanciar muito o aluno do próprio conteúdo. Em vários momentos, por exemplo, da relatividade está cheio disso, o texto da relatividade lá quando fala da radiação do corpo negro também tem vários desenvolvimentos teóricos, como fala na Mecânica Estatística: tem conceito, você não pode ir para desenvolver... você não pode desenvolver o conteúdo dele sem o conceito, o conceito está permeando todas as discussões e as contas que os alunos gostam também, a gente faz presente aquilo ou ali sempre procurando dizer sem incorrer em anacronismos danosos e não desejáveis, sendo que ali tem uma notação moderna. Eu acho que as coisas nos textos elas integram, pelo menos na minha visão, naturalmente, pode ter um exagero de conta aqui ou ali, mas mesmo os alunos passando por cima das contas, têm alunos que vão lá e fazem as continhas lá porque ele acha interessante e tal, e faz a conta, está no DNA do aluno da física fazer umas continhas de vez em quando... ele não abdica das contas. Eu estou mostrando que o curso de Evolução não é um ‘você sabia que’, eles fazem correlações concretas, específicas com coisas eles já viram e com coisas que eles não viram também quando, tem aquela parte da radiação do corpo negro é anterior aos próprios experimentos e o que ele diz: mas eu nunca vi isso? Estão vendo agora então, estão vendo agora.”

4.4.10. Você acha que a disciplina tem contribuído para incorporar efetivamente a HFC nas práticas profissionais dos futuros profissionais (licenciandos e bacharelados) em física? Caso positivo, poderia citar exemplos dessa contribuição? Caso não, por quê?

“Olha, o maior exemplo que eu tenho de contribuição é que as pessoas depois vão fazer mestrado, algumas vão fazer mestrado porque sentem necessidade de continuar os estudos. Bom, eu não sei, porque teria que... aí você tem que ver se as pessoas, os conteúdos são discutidos depois em sala de aula... isso aí teria que fazer um processo de acompanhamento desses professores e tal. Eu até pensei em fazer um grupo mais geral

assim, de algumas pessoas selecionadas assim, para ver se eles usam, não usam ou como usam, mas demanda tempo, demanda equipe, não é possível, não tenho fôlego para isso... com o tempo isso vai começar a acontecer porque já tem uma boa produção de artigos, eu acho que com o tempo as pessoas, mas esse professor precisa ter tempo... se ele tiver ministrando lá 40, 50 horas semanais de aula, ele nunca vai chegar a consultar os artigos das revistas... eu acho que as coisas só vão poder melhorar se os professores tiverem tempo para estudar, aqui qualquer professor universitário tem um item, tem um peso em função para preparação, como é que se diz, para 4h de aula tem um item 1,5 vezes 4 usadas para preparação, pode ser 6h... para 8h de aula, você tem 12h de aula para preparação... para 20 já, 8 mais 8 vinte, quer dizer, imagina tem que ter, 12h, três manhãs só para preparar as aulas... é bom, é bastante, é desejável... não adianta você pegar e ter, fazerem instrumentação para o ensino e mostrar lá, o laboratório é importante e falar: ah gostei, tem o labidex, mas depois ele não vai poder envolver isso, porque a escola não tem laboratório porque não sei o que eu lá, ele vai querer ler mais artigos e não vai ter tempo. Então a gente procura dar uma boa formação aqui, mas se vai usar história ou não, aí eu não sei... de vez em quando têm relatos de pessoas: ah que faz, mas é um uso esporádico. Eu não tenho assim dados precisos para te dizer que alunos egressos de evolução fazem uso do conteúdo histórico. Esse dado eu não tenho. ”
