

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E ELEMENTOS DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA: MODELOS DE MUNDO

Samantha Philigret Santos da França

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UNIRIO no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira

Rio de Janeiro
Setembro de 2016

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E ELEMENTOS DE
FÍSICA CONTEMPORÂNEA: MODELOS DE MUNDO

Samantha Philigret Santos da França

Orientador:
Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UNIRIO no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

Dr. Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira

Dr. Isa Costa

Dr. Jaime Fernando Villas da Rocha

Dr. Alexandre Lopes Oliveira (suplente)

Dr. José Abdalla Helayël-Neto (suplente)

Rio de Janeiro
Setembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

CXXXc França, Samantha
*
Construção do Conhecimento Científico e Elementos de Física Contemporânea: Modelos de Mundo / Samantha Philigret Santos da França - Rio de Janeiro: UNIRIO / IBIO, 2016.
Cinco capítulos e dois apêndices, 119; 21 x 29,7 cm.
Orientador: Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira
Dissertação (mestrado) – UNIRIO / Instituto de Biociências / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.
Referências Bibliográficas: 74 e 79.
1. Ensino de Física. 2. Filosofia da Ciência. 3. História da Ciência. 4. Cosmologia. 5. Física Contemporânea.
I. Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira.
II. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.
III. Construção do Conhecimento Científico e Elementos de Física Contemporânea: Modelos de Mundo.

*Código da obra (fornecido pela biblioteca)

Consultar: <http://www.biblioteca.unirio.br/servicos-1/fichas-catalograficas>

Dedico esta dissertação a todos.

"O homem livre não é aquele que se preocupa em saber em que limites deve agir, mas aquele que se põe fora das leis, por mais libertária que elas possam ser, esperando conseguir destruí-las."
Pelloutier

"Liberdade é pouco. O que eu desejo ainda não tem nome."
Clarice Lispector

"Até cortar os próprios defeitos pode ser perigoso. Nunca se sabe qual é o defeito que sustenta nosso edifício inteiro."
Clarice Lispector

"A maior riqueza do homem
é a sua incompletude.
Nesse ponto sou abastado.
Palavras que me aceitam como sou - eu não aceito.

Não agüento ser apenas um sujeito que abre portas,
que puxa válvulas, que olha o relógio,
que compra pão às 6 horas da tarde,
que vai lá fora, que aponta lápis,
que vê a uva etc. etc.

Perdoai
Mas eu preciso ser Outros.
Eu penso renovar o homem usando borboletas."
Manoel de Barros

A meu pai Derival Belarmino, à minha mãe Cleosmar Philigret, à minha irmã Samarha Philigret e a meu cunhado João Marcos Moreira, pelo apoio e constante incentivo.

À minha tia Marta Philigret, pelo exemplo na busca por conhecimento e constantes palavras de motivação para a continuidade dos meus estudos.

À minha amiga Pamela, que me incentivou, e que, sem seu pontapé inicial, este mestrado nem teria sido tentado. Às amigas Camille Ribeiro e Maíra Martins, pela ajuda na revisão do texto e reflexão sobre o material didático. Em especial, à amiga e mestre Suraia Mockdece El-Kaddoum, que me ajudou na escrita, inspiração e na revisão do texto.

A meu orientador, Professor Doutor Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira, pelo apoio, cuidado e presteza. Sem a sua constante dedicação e olhar atento, esta proposta não teria evoluído.

Ao Professor Doutor Jaime Fernando Villas da Rocha, pela inspiração construída ao longo da disciplina de Marcos no Desenvolvimento da Física I e II ministrada no MNPEF.

Ao meu querido amigo Jean Anderson Pinheiro, que tanto estímulo me deu, estudando e trabalhando comigo nesta jornada.

À amiga Angela Cristina Santos, mulher negra, companheira de viagem, que me ajudou na revisão, impedindo que eu cometesse equívocos preconceituosos.

Às amigas e aos amigos de pedras e montanhas Rita de Pina, Patricia Chagas, Ricardo Penna, Juliana Barrabin, Ana Carolina de Oliveira, Carol Pellegrino, Carolina Menezes, Thais Esteves, Jorel Anjos, Joana Portugal, Eduardo RC e Abian (índio).

Aos companheiros e companheiras de luta Guilherme Santana, Rebeca de Sousa, Daniele Oliveira e Gustavo Motta.

Às amigas Louise Storni, Juliana Fernandes, Patricia Azevedo e ao amigo Ricardo Molnar, companheiros da Universidade Federal Fluminense.

Às minhas orientadoras durante a graduação e mestras da vida Lucia da Cruz Almeida e Isa Costa, por todo o incentivo, apoio e exemplo.

Aos meus alunos do Colégio Estadual Professor Murilo Braga.

A todos(as) os(as) professores(as) guerreiros(as) em greve no ano de 2016 na rede Estadual do Rio de Janeiro e nos anos anteriores. Nossa força e nosso movimento é nossa luta. A todos os alunos ocupantes das escolas públicas no estado do Rio de Janeiro e São Paulo, pela inspiração na vida, como processo transformador e que ainda carrega esperança de muitas mudanças.

À CAPES/MEC, pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

À minha grande amiga Elaine Freitas (1982 - 2016), poetisa, negra, educadora, grevista, amiga, que nos deixou tão cedo. Voltou a ser carbono e vai agora alimentar as estrelas e, com suas palavras, os nossos corações. Elaine Freitas: Presente!

Morada dos Sonhos

“Estava ali
o tempo todo
sob a poeira
de ruas velozes,
envoltos na cortina
com olhos ferozes,
dentro das cabeças
de homens e mulheres
em manga de camisa.

No ano sem brisa
Nos bares sem briga
Nas pias sem bica

O tempo todo
nossos sonhos
atrás de luz,
às escondidas,
esperando nossa voz,
nossa força ativa,
para sair das sombras
e tomar a avenida,
obrigando o raiar
de um novo dia.”

Elaine Freitas

RESUMO

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E ELEMENTOS DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA: MODELOS DE MUNDO

Samantha Philigret Santos da França

Orientador:

Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física da UNIRIO (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

A partir do pressuposto de ensino/aprendizado como processo constitutivo de educação para a emancipação e autonomia crítica, e tomando a Física como ambiente para a vivência da construção do conhecimento em coerência com a natureza da ciência, esta dissertação apresenta um produto didático, a análise de sua aplicação e os resultados obtidos. O produto consiste em duas apostilas que contêm, cada uma, uma sequência didática de aulas teóricas. A primeira apostila se destina ao primeiro ano e a segunda ao terceiro ano do Ensino Médio, abordando, ambas, o conteúdo de Cosmologia – Modelos de Mundo - e Física Contemporânea, e diferindo, contudo, em função do grau de aprofundamento em que estes temas são apresentados, pois levam-se em consideração os correspondentes conhecimentos prévios e o grau de maturidade dos estudantes em cada momento do Ensino Médio. O material foi produzido com foco na construção do conhecimento científico pelo(a) aluno(a), processo em que este se torna o protagonista do seu fazer discente através de perguntas motivadoras. Nessas questões, abre-se espaço para a contestação do estabelecido, promovendo-se retornos que permitem reconstruir, na prevalência de senso crítico, o conhecimento científico. Nesta dissertação, após um percurso de Motivação, Fundamentação Teórica e Metodologia, comenta-se o produto didático, que foi aplicado, em sua forma preliminar, em três turmas do Ensino Médio do Colégio Estadual Professor Murilo Braga, em São João de Meriti, Rio de Janeiro. A análise dessa aplicação integra a presente dissertação, e o produto, com adaptações, é apresentado nos Apêndices. Não se pretende conceber versão final, mas oferecer material como sugestão consolidada, pois, considerando-se a reflexão trazida neste trabalho, espera-se que o(a) professor(a), juntamente com seu grupo de alunos(as), readapte o material face à diversidade e necessidade que o(a) tocam. Ao final, apresentam-se Conclusões e Perspectivas.

Palavras-chave: Ensino de Física, Filosofia da Ciência, História da Ciência, Cosmologia, Física Contemporânea.

Rio de Janeiro
Setembro de 2016

ABSTRACT

CONSTRUCTION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE AND ELEMENTS OF CONTEMPORARY PHYSICS: MODELS OF THE UNIVERSE

Samantha Philigret Santos da França

Supervisor(s):
Álvaro Luis Martins de Almeida Nogueira

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UNIRIO no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The present work is based upon the assumption that teaching/learning should define a constitutive process for an emancipative education, with autonomous criticism as a necessary outcome for students. Physics is taken as a promising domain to host a participative construction of knowledge approach consistent with the idea of familiarizing the student with the nature of science. As a tool to achieve such purposes, a product – two sets of a sequence of lectures – is conceived and applied to three different groups of students, all of them following the last term of secondary school. The analysis and results of that trial are also among the contents of the present work. The product splits in two sets of lectures tailored for the first and the last terms of secondary school, as one considers previous knowledge and degree of maturity of students as relevant features. However, both collections are about the same theme, namely, Cosmology – Models of the Universe – and Contemporary Physics. Motivating questions open rooms for challenging established models of the Cosmos, allowing for steps back to already ruled out proposals. At this point, reconstruction of a more accurate model or a new acceptance of a standard model is performed by the student that plays a main role, and becomes protagonist of his/her learning upon enriched criticism criteria. In this dissertation, one presents an Introduction and the Motivation for this work followed by Theoretical Foundations and Methodology. Comments on a preliminary version of the product that has been applied to three classes of the last term of Colégio Estadual Professor Murilo Braga, a state high school in São João de Meriti, state of Rio de Janeiro, are then provided. The product has already merited some adaptations, and it is presented in the Appendices. As a matter of fact, it stands as a starting point, as the interaction between teacher and students is of great relevance according to our premises. An analysis of the trial is performed and, finally, conclusions are presented and perspectives are depicted.

Keywords: Physics education, Philosophy of Science, History of Science, Cosmology, Contemporary Physics.

Rio de Janeiro
September 2016

Sumário

Capítulo 1 Introdução.....	11
1.1 Apresentação.....	11
1.2 Motivação.....	14
Capítulo 2.....	18
2.1 Referencial Teórico.....	18
2.2 Metodologia.....	24
Capítulo 3 Produto Didático.....	28
3.1 A motivação da Cosmologia Contemporânea.....	28
3.2 Aplicação.....	31
3.2.1 Descrição da Proposta Didática – Primeiro Ano do Ensino Médio.....	35
3.2.2 Descrição da Proposta Didática – Terceiro Ano do Ensino Médio.....	40
3.2.3 Quadro de referências e campo do saber dos personagens da pintura “A escola de Atenas”	41
3.3 Avaliação.....	43
Capítulo 4 Análise dos Resultados.....	46
4.1 Análise da Primeira Aula – Defesa do Modelo Geocêntrico.....	48
4.2 Análise da Segunda Aula – Defesa do Modelo Heliocêntrico.....	52
4.3 Análise da Terceira Aula – Defesa do Universo sem centro.....	55
4.4 Análise da Quarta Aula – Expansão Acelerada.....	59
4.5 Análise da Pesquisa.....	60
Capítulo 5.....	68
5.1 Conclusão.....	68
5.2 Perspectivas.....	71

Apêndice I.....	72
Plano de Aula Primeiro Ano do Ensino Médio.....	72
Apêndice II.....	73
Plano de Aula Terceiro Ano do Ensino Médio.....	73
Referência Bibliográfica.....	74

Capítulo 1

Introdução

1.1 Apresentação

O ensino de ciências da natureza, em particular de Física, ocupa posição central em debates sobre a adequação de conteúdos às realidades e às necessidades do contexto social em que se realiza. O papel do(a) professor(a), como sujeito que tem intencionalidade no seu fazer, está intrinsecamente ligado ao estímulo e à resposta dos seus alunos(as). Segundo Paulo Freire [FREIRE, 1996], “Não há docência sem discência, as duas se explicam e seus sujeitos, apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem à condição de objeto, um do outro. Quem ensina aprende ao ensinar, e quem aprende ensina ao aprender.”

Quaisquer que sejam os pressupostos e as correspondentes propostas de contornos para conceitos, formalismo matemático e abordagens metodológicas, duas dimensões do processo de ensino/aprendizagem, na perspectiva de análise de conteúdos, em etapa de formação generalista (ensino básico), habitam o cenário dessas propostas: i) a necessidade de apresentação de conceitos e matematização para estudantes vocacionados à prática científica; ii) a construção de cultura científica, com vistas à autonomia do indivíduo na interpretação do mundo natural, provendo-lhe a compreensão de fenômenos que compõem o patrimônio de conhecimento da humanidade, e a percepção das incongruências ainda inexplicadas, e, também, contribuindo para sua postura política diante das opções tecnológicas na sociedade da qual participa.

Em nível fundamental de ensino, dado o caráter preliminar de formalização matemática, privilegia-se a dimensão de construção de cultura científica, ou, mais especificamente, de alfabetização científica. No nível médio, a composição das duas dimensões manifesta-se mais explicitamente. Na trajetória formativa que pude experimentar como aluna do curso de graduação em licenciatura em Física, essas duas etapas foram exploradas no contexto de projetos de ensino e extensão.

Durante a graduação em Física (Bacharelado e Licenciatura), reconhecendo-se a importância da indissociabilidade entre pesquisa e ensino, busquei dedicar grande parte de minhas atividades à pesquisa em Educação. Neste contexto, a título de exemplo,

particpei dos projetos “*Vivências em Ambientes Escolares*”¹ e “*Alfabetização Científica nos Espaços de Educação Formal*”². O primeiro, relacionado ao ensino, e o segundo, relacionado à extensão. As duas experiências foram fundamentais, pois, a partir delas, consolidou-se meu interesse pela temática do processo de alfabetização científica³ de crianças dos níveis iniciais da educação formal. Ambos os projetos foram elaborados no Departamento de Física da Universidade Federal Fluminense (UFF), precisamente entre o primeiro semestre de 2006 e o primeiro semestre de 2008. Eles tinham como objetivo permitir que os licenciandos em Física realizassem a transposição didática⁴ dos conteúdos científicos e tecnológicos apreendidos na graduação para alunos(as) dessa etapa formativa. Estes projetos favoreciam, por um lado, o processo de alfabetização científica das crianças que se encontravam nos níveis iniciais da educação formal – inclusive aquelas que ainda não dominavam a leitura e a escrita. Por outro lado, os projetos também estimulavam a vocação docente dos estudantes, ao contribuir para a formação dos futuros(as) professores(as) dos anos iniciais da Educação Básica.

No ano de 2011, ingressei no Colégio Universitário Geraldo Reis (Coluni-UFF) como professora substituta, lecionando a disciplina de Ciências durante dois anos. Naquele espaço, deu-se a oportunidade de refletir e participar da formação de futuros docentes, ao acompanhar diversos estagiários da “prática de ensino”. Nesse cenário, aprovou-se, no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica CNPq/UFF, o projeto “*Coluni: Semeando ideias e plantando alimentos*”, em que um aluno(a) do 6º ano do Ensino Fundamental pôde ser bolsista. O projeto objetivou conscientizar a comunidade escolar e a de seu entorno para a relação com o meio ambiente através da construção de uma horta no terreno da escola e a compostagem de alimentos do refeitório. Após minha saída da instituição, o projeto teve continuidade com a regência de outro professor.

Atualmente, como professora da Rede Estadual de Ensino do Rio de Janeiro, lecionando Física nos três anos do Ensino Médio, percebo, na minha prática docente, uma grande necessidade de diversificar os modos de transposição didática dos conteúdos pertinentes a esse nível de ensino. Os(as) alunos(as) vêm demonstrando dificuldades

¹Orientadoras: Isa Costa e Lúcia da Cruz Almeida UFF

²Idem

³ “é um meio de promover um ensino capaz de propiciar a autonomia, o domínio e a comunicação das tecnologias intelectuais elaboradas pela humanidade.” Pietrocola (2002)

⁴Reestruturação do saber ou conhecimento por grupos sociais diferentes, por Pietrocola (2005).

básicas na apreensão de conceitos da Física, seja por falta de uma observação mais atenta dos fenômenos físicos que nos envolvem, seja por aceitar passivamente as noções clássicas dos conceitos científicos, estejam estas noções coerentes ou conflitantes com o senso comum.

Por outro lado, a construção do conceito de ciência que vem do Ensino Fundamental coloca em evidência seu caráter experimental, não necessariamente relacionado ao senso intuitivo e às vivências sensoriais. A reflexão de que a Física é uma “ciência dura”, que envolve cálculos sofisticados/inacessíveis e se constrói a partir de mentes brilhantes inalcançáveis, afasta a participação crítica dos estudantes em sua construção, e reforça a ideia de que seu aprendizado só pode se dar através de “decorebas” de fórmulas e contas.

De modo geral, as questões que me estimularam a desenvolver este projeto são oriundas da necessidade de trabalhar os conteúdos de Física de forma mais estimulante, lúdica e emancipatória com os(as) alunos(as) das escolas estaduais.

Recupera-se aqui, com aprofundamento e extensão que trazem para a discussão elementos de Física contemporânea (Cosmologia ou Modelos de Mundo), uma prática que desenvolvi durante a graduação. Explorou-se, naquele momento, com base em uma perspectiva de aprendizado fundado na construção crítica do conhecimento, a discussão com alunos(as) dos modelos Geocêntrico e Heliocêntrico.

Partindo-se da constatação da adoção passiva da “verdade heliocêntrica”, buscou-se retomar reflexão que pudesse sustentar a perspectiva geocêntrica, com os alunos(as) sendo instados a defender esta visão de mundo. Em uma segunda aula, retomavam-se os argumentos que permitiriam construir a visão heliocêntrica, restando, assim, a percepção, por parte do estudante, do processo de construção do conhecimento científico.

A presente proposta didática, cuja base estrutural e motivacional define-se sobre a sequência didática descrita acima, carrega o objetivo de aprofundar a discussão de modelos de mundo e trazer, a partir da base conceitual da História e da Filosofia da Ciência, elementos de Física Contemporânea.

1.2 Motivação

Através de experiências didáticas, o(a) professor(a) de Física é capaz de perceber que alguns, ou, eventualmente, a grande maioria dos conceitos são simplesmente aceitos sem contestação pelos(as) alunos(as). E mesmo após aceitarem os modelos físicos apresentados, realizarem com maior ou menor sucesso as avaliações, muitos desses(as) alunos(as) permanecem com conceitos de senso comum, em alguns casos contraditórios em relação aos modelos físicos acatados.

Um exemplo clássico desse posicionamento - diante das leis canônicas - apresentado pelos(as) alunos(as) se dá durante as minhas aulas de termometria ou calorimetria. Os(as) alunos(as) realizam as tarefas e podem obter sucesso nas avaliações, mas a maioria não avança conceitualmente no que diz respeito à diferença entre calor e temperatura. Tem-se clareza, nesta análise, que a linguagem do cotidiano não reflete a evolução conceitual e os mesmos termos não científicos empregados para denominar exercício de calor continuarão sendo utilizados como noção de temperatura. Contudo, mesmo que essa reflexão seja levada em consideração, é mensurável que muitos(as) alunos(as) não evoluem conceitualmente, dado que, ao serem questionados sobre o conceito físico, continuam dando respostas confusas em relação à definição dessas duas grandezas.

Diante desta análise, é essencial a reflexão e perspectiva de construção de uma metodologia didática, empregada em sala de aula, que leve em consideração o papel primordial do(a) aluno(a). A forma como ele reinventa e reconstrói o conhecimento, e como isso pode levar a uma verdadeira aprendizagem. Segundo Freire [FREIRE, 1996]:

“nas condições de verdadeira aprendizagem os educandos vão se transformando em reais sujeitos da construção e da reconstrução do saber ensinado, ao lado do educador, igualmente sujeito do processo. Só assim podemos falar realmente de saber ensinado, em que o objeto ensinado é apreendido na sua razão de ser e, portanto, apreendido pelos educandos.”

O(a) aluno(a) que se sente parte integrante da construção de um conhecimento empodera-se para questioná-lo e, com o questionamento, para evoluir conceitualmente. É papel do(a) professor(a) estimular e convidar seu(sua) aluno(a) ao contexto histórico em que um determinado assunto está abordado, e, concomitantemente, entender a construção política e a transitoriedade das teorias levando o(a) aluno(a) a se sentir parte da construção do conhecimento. Segundo [FREIRE, 1996]:

“O professor que pensa certo deixa transparecer aos educandos que uma das bonitezas de nossa maneira de estar no mundo e com o mundo, como seres históricos, é a capacidade de, intervindo no mundo, conhecer o mundo. Mas, histórico como nós, o nosso conhecimento do mundo tem historicidade. Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro que antes foi novo e se fez velho e se 'dispõe' a ser ultrapassado por outro amanhã”

Diante da reflexão de que o(a) aluno(a) deve sentir-se inserido no seu contexto histórico e deve ser um ator do mesmo, é necessário considerar que, em uma sociedade que busca a liberdade e a autonomia, não é possível dissociar o ensino da formação ética do educando. O(a) professor(a) deve estimular o espírito crítico de seus(suas) alunos(as), levando-os a refletir sobre ética na tomada de decisões, que devem ser assertivas, e em suas eventuais omissões. Como apontado por Freire [FREIRE, 1996],

“Uma das tarefas mais importantes da prática educativo-crítica é propiciar as condições em que os educandos, em suas relações uns com os outros e todos com o professor ou a professora, ensaiam a experiência profunda de assumir-se. Assumir-se como ser social e histórico, como ser pensante, comunicante, transformador, criador, realizador de sonhos, capaz de ter raiva porque capaz de amar, assumir-se como sujeito porque capaz de reconhecer-se como objeto.”

Os modelos para o Sistema Solar são um bom exemplo de aprendizado a partir da “fé”. Observamos que os(as) alunos(as) aceitam sem contestar o fato de o planeta Terra girar em torno do Sol, mesmo não conseguindo criar argumento convincente para si mesmos sobre tal fato. Quando confrontados com as perguntas: Você se sente em movimento? Se a Terra gira, porque os objetos não caem para trás? Não é o Sol que se movimenta no Céu?, as respostas, em sua maioria, são: “Foi assim que eu aprendi. Minha professora de Ciências me ensinou assim.”

Diante disso, entendemos a necessidade de um aprendizado de fato significativo, através do qual o(a) aluno(a) possa, ele mesmo, criar argumentos, com base científica, para responder a estas e a outras perguntas. Percebe-se a Ciência, então, não como um mero ato de “fé”, mas sim como uma construção humana, com falhas, revezes e inserida em um contexto social e cultural. Assim, devem-se apresentar argumentos plausíveis e construídos a partir do método científico.

O estudante deve localizar a ciência e seu próprio papel na sociedade, como ilustra Paulo Freire: [FREIRE, 1996]:

“Gosto de ser gente, porque, como tal, percebo afinal que a construção de minha presença no mundo, que não se faz no isolamento, isenta da influência das forças sociais, que não se compreende fora da tensão entre o que herdo geneticamente e o que herdo social, cultural e historicamente, tem muito a ver comigo mesmo”.

Deve-se entender, assim, a ciência como uma dimensão do conhecimento humano, que, justamente por ser um fazer humano, traz em sua matriz o que há de mais humano e belo: suas falhas e lacunas. E deve-se perceber e explorar o fato de que esta construção histórica não se realiza de maneira linear ou meramente acumulativa.

A Física pode ser abordada, e assim tem sido, no contexto do ensino médio, em uma perspectiva meramente instrumental, onde os laboratórios e as equações matemáticas são valorizadas como sua própria identidade e este acaba sendo o único foco da disciplina. Neste sentido, “Conhecimentos e habilidades, ciência e tecnologia, podem, portanto, ser despojados da reflexão que procura compreender o sentido de atos e acontecimentos” [ALMEIDA, 2010].

A escolha do tema da Cosmologia vem no sentido inverso ao de uma perspectiva meramente instrumental da Física. Este conteúdo, entre diversos outros, demanda, para sua compreensão, uma abstração conceitual e uma atitude crítica e reflexiva. Alcança, assim, alunos(as) que não apresentam, a princípio, uma vocação científica para as carreiras ditas “exatas”. Alunos(as) com interesses diversos como história, filosofia, entre outras disciplinas, podem se sentir instigados a refletir acerca da formação e evolução do Universo à sua volta.

Desta forma, espera-se que o(a) aluno(a) possa incorporar o ceticismo científico, e valorizar a formulação de perguntas, desenfazendo a concepção da ciência como uma coleção de respostas. E, assim, perceber que, juntamente com a dúvida, vem a análise e a reflexão crítica, localizando esta dúvida, portanto, como parte do processo de aprendizagem, sem que isto signifique, por outro lado, total e sistemática descrença em teorias ou postulados, o que poderíamos chamar de niilismo científico. O que se pretende, então, é fazer germinar o desejo de querer crer com a crença construída a partir de sua própria razão, é levar à construção do conhecimento que advém de suas próprias análise, crítica e conclusão. Deve ser ele, o(a) aluno(a), neste processo, o cientista que, ao reelaborar o conhecimento, o transforma e assim aprende.

Diante da construção / apresentação / invenção da dita ciência moderna, é papel do(a) professor(a) buscar novas metodologias e refletir acerca de abordagens para a transposição didática. A transposição didática consiste em adaptar um determinado conteúdo a uma linguagem acessível à faixa etária que se pretende alcançar, transformando assim, de acordo com o grupo de alunos(as), o saber sábio em saber ensinado.

Sendo assim, o presente trabalho tem como base e motivação a busca por novas formas de transposição didática, em que se pretende o(a) aluno(a) protagonista não só da construção do seu aprendizado, mas também da construção de uma teoria científica baseada em observações e análises/sínteses lógicas.

Capítulo 2

2.1 Referencial Teórico

Muitos alunos(as) não apresentam prévio interesse pelos conceitos físicos e não pretendem seguir carreiras que envolvem estes temas. Demonstrem, frequentemente, preconceito em relação à Física como disciplina escolar e área do conhecimento. Como pontuado por [ROSA e ROSA, 2004],

“Basta ter familiaridade com o ambiente escolar ou conversar com alguns professores e alunos para sentir que a física é considerada matéria difícil, a qual muitos alunos evitariam se pudessem. Talvez seja ela a disciplina curricular que os alunos menos gostam de estudar, principalmente em nível de ensino médio.”

A Física, como disciplina escolar, encontra frequentemente apresentação que privilegia sua dimensão instrumental. O processo histórico e os avanços e retrocessos da construção do conhecimento científico têm sido pouco aprofundados. Para que os(as) alunos(as) criem um interesse conceitual, é necessário que este aprendizado seja significativo e promova a evolução, por aprofundamento de vocação e prática crítica, de assertividade constitutiva de sujeito, e consolide, em construções coerentes, inquietude e insatisfação inerentes à identidade.

Segundo Marco Antonio Moreira [MOREIRA e MASINI, 2006], “A ideia central da teoria de Ausubel é a de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Sendo assim, “A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, ideias e informação que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade”.

Para além, e construída juntamente com os conceitos prévios trazidos pelos alunos(as), a interação com o meio externo é, para Vigotsky [1925], extremamente importante no processo de aprendizagem e na forma como os(as) alunos(as) irão

construir e apreender, ou não, os novos conceitos apresentados, segundo [ROSA e ROSA, 2004]:

“Uma ideia significativa da teoria de Vigotsky, relacionada à aprendizagem em nível escolar, é a importância do social na aquisição dos conhecimentos, seja ele proporcionado pelo simples convívio dentro do ambiente escolar, seja na forma pela qual o professor transmite seus conhecimentos aos alunos. Vigotsky enfatiza na sua obra a importância do ambiente sociocultural para a aprendizagem e o desenvolvimento da criança, mostrando a interdependência dos indivíduos envolvidos no processo.”

O tipo de aula ministrada em que o(a) aluno(a) só tem contato com um conhecimento já estabelecido não leva a uma reflexão; por consequência, o conhecimento é adquirido, não construído, e se estabelece em uma base sem solidez.

Diversos conteúdos, como, por exemplo, a Cinemática, vêm sendo retirados da grade curricular do ensino de Física, pois são considerados irrelevantes, muito matematizados ou mesmo impossíveis de serem compreendidos pelos(as) alunos(as) no nível médio. De acordo com uma perspectiva da aprendizagem significativa e do construtivismo, estes mesmos conteúdos poderiam ser trabalhados de forma a expandir as potencialidades cognitivas dos(as) alunos(as) pela sua compreensão significativa.

Desta forma, os(as) alunos(as) seriam motivados a assumir uma postura de permanente inquietude e de insatisfação diante de conteúdos que normalmente são apresentações sem possibilidade de questionamento e dados como prontos. Sendo desejável, com a construção da presente proposta, que esta inquietude seja transposta para todas as áreas do conhecimento e até mesmo para suas vidas cotidianas.

Desta forma o ensino deve promover, segundo [ALMEIDA, 2010],

“sustentar que o pensar, enquanto busca de sentido, é essencial para uma educação que, além de possibilitar um saber e um saber fazer, pretende contribuir para que os jovens estabeleçam uma relação de sentido e de pertença com o mundo humano.”

Diante da perspectiva de que toda forma de conhecimento e toda reflexão interna pode gerar uma atividade ou material prático, que, em princípio, contribui para a formação do ser, faz-se necessário entender a diferença entre utilidade e significado, pois, segundo [ALMEIDA, 2010],

“Apesar de se enfatizar que a aprendizagem tem de ser “significativa” para a criança, com isso muitas vezes se quer dizer que o apreendido deve ser útil na vida cotidiana do aluno, julgando supérfluo tudo que não possui uma aplicabilidade imediata. Em oposição a isso, Arendt (apud Young-Bruehl, 1986) mencionou uma vez que, no ensino, se deve “ler os grandes livros por amor” (p. 611, tradução nossa) e não porque se procura neles soluções para quaisquer problemas.”

De acordo com a reflexão trazida por Hannah Arendt [2004], conhecimento e pensamento são faculdades distintas, e a busca de sentido para si e para o mundo vem do pensamento, e não do conhecimento. É necessário compreender que uma ciência meramente instrumental constrói, juntamente com os(as) alunos(as), um conhecimento desprovido de crítica e reflexão, e marca a ausência do pensamento.

Sendo assim, é necessário que nossos(as) alunos(as) pensem, pois a “capacidade de conversar silenciosamente consigo mesmo e refletir sobre seus atos, seus motivos e a consequência deles” é fundamental para a criação dos conflitos internos que impedem o registro da “banalidade do Mal” [ARENDR, 2004]. Sujeitos que não têm esse exercício (auto-)crítico não refletem sobre seus atos, são conformistas, carreiristas e colocam o dever burocrático acima da consciência. Sendo incapazes de entender a “imoralidade” de atos simples, apresentam dificuldade em desenvolver um pensamento interno, permanecendo presos a análises superficiais do seu papel na construção social de que participam. É essencial criar um conflito interno para que não acreditem em um dever acima da consciência e possam ser, desejavelmente, eternos questionadores.

Ainda segundo Hannah Arendt, “homens que não pensam são como sonâmbulos”, pois alguns indivíduos têm habilidades relacionadas ao saber e ao saber fazer, porém não são capazes de pensar, já que não param para se perguntar sobre o

sentido de seus atos e não se indagam sobre o que tudo aquilo significa para eles, para o mundo e as suas consequências [ARENDT, 2004]. “Nesse sentido, a autora constata que pode haver pessoas muito inteligentes que, contudo, não pensam.” [ALMEIDA, 2010]

A escolha de temas geradores⁵, que dialogam com o(a) aluno(a) e promovem a criticidade, integra o núcleo desta proposta. Ao valorizar a dúvida e a inquietude cética para que os(as) alunos(as), em interação com o(a) professor(a), desejem e se permitam criar novos conceitos e romper com um conceito já estabelecido, pretende-se recolocar a Física em seu papel de ciência transformadora e construída por seres humanos, de todos os gêneros, que não possui um papel meramente instrumental. Recupera-se, assim, a Física como ciência construída a partir da curiosidade e da observação, que dialoga com o mundo histórico, cultural e social no qual é pensada.

É fundamental julgar politicamente, sendo o ponto de partida o julgamento consciente, não a mera aceitação dos conselhos dados por especialistas. Julgar politicamente referencia-se na reflexão trazida por [FRIGOTTO, 2008]:

“Todavia, mesmo que se atinja um elevado nível de capacitação crítica, nenhum sujeito individual dá conta de exaurir determinada problemática. Este esforço é sempre acumulativo e social. Já por este ângulo percebemos que o conhecimento humano sempre será relativo, parcial e incompleto.”

É importante destacar que o presente trabalho traz ênfase no contexto histórico, filosófico e social da ciência. Mas que, diante desta perspectiva, não se pretende perder o conteúdo científico presente nos temas tratados.

Segundo [VITAL e GUERRA, 2014]

“Um ambiente de aprendizagem será favorável à medida que os alunos, enquanto desempenham o papel de investigadores, discutam explicitamente as características do fazer científico, estimulados pelas investigações realizadas em sala de aula.” Pois, “Indubitavelmente, uma

⁵ Estratégias metodológicas baseadas em reflexões iniciais, que diante da interação com o conjunto de alunos(as) leva à construção do conhecimento pela ação-reflexão-ação baseada nas teorias de aprendizagem de Paulo Freire.

adequada compreensão da natureza epistêmica, histórica, sociológica, ética e política da ciência é uma questão prioritária na educação científica (...)"

Refletindo sobre o papel da atividade docente, podemos entender que esta não é neutra, sendo, de fato,

“... revestida de características ideológicas, toda ação educativa representa uma postura política, em que o professor é responsável pelas decorrências das atividades que ele propõe. (...) Para tanto, o passo inicial para essa revolução é que os oprimidos precisam reconhecer-se como seres vivos potencialmente livres, na sua vocação ontológica e histórica de serem mais. Desse modo, é possível desenvolver a práxis transformadora do mundo, ou seja, a união indissociável entre a reflexão e a ação.”
[LEITE e FEITOSA, 2012]

Entende-se aqui o termo oprimido, levantado por Leite e Feitosa, como um conceito primordial apontado por Paulo Freire em seu livro a “Pedagogia do Oprimido”:

“Esta luta somente tem sentido quando os oprimidos, ao buscar recuperar sua humanidade, que é uma forma de criá-la, não se sentem idealisticamente opressores, nem se tornam, de fato, opressores dos opressores, mas restauradores da humanidade em ambos. E aí está a grande tarefa humanista e histórica dos oprimidos – libertar-se a si e aos opressores.” [FREIRE, 1978]

Pois, também de acordo com Paulo Freire, na vivência humana, desumanização e humanização estão “na raiz de sua inconclusão (dos homens), que os inscreve num permanente movimento de busca. Humanização e desumanização, dentro da história, num contexto real, concreto, objetivo, são possibilidades dos homens como seres inconclusos e conscientes de sua inconclusão.” Diante disso, é papel do(a) professor(a)

entender, como bem pontua Paulo Freire, que “ninguém liberta ninguém e ninguém se liberta sozinho: os homens se libertam em comunhão” [FREIRE, 1978], esclarecendo-se, assim, sua missão dual de ser transformador e de ser transformado no processo pedagógico.

2.2 Metodologia

Neste contexto, produziu-se a escolha do conteúdo específico “Modelos de Mundo” carregando-se a intencionalidade de que, a partir da interação professor(a)-aluno(a), a discussão de questões científicas e de seus contornos histórico-sociais possa contribuir para a emancipação dos sujeitos envolvidos neste processo, professor(a) e alunos(as).

O estudo da História da Ciência, no contexto de um conteúdo específico, é interessante para que o(a) aluno(a) possa perceber o quanto a construção do pensamento científico e seu registro na História da Ciência não são lineares. Podemos entender os movimentos na história da humanidade, com suas contrapartidas de avanço, estagnação ou mesmo retrocesso nas conquistas científicas como evidências de que a construção do conhecimento está intrinsecamente ligada a uma concertação social e, portanto, definida em um particular contexto histórico.

Diante disto, a abordagem, mesmo que sucinta e restrita, a conhecimentos produzidos em estudos de Filósofos Pré-socráticos é fundamental para fechar o ciclo aqui proposto. A compreensão do conceito primordial de *Physis* [BORNHEIM, 2000], na escola pré-socrática, século VI a.c., que abrange fenômenos naturais que transcendem a compreensão da própria natureza qualifica a amplitude da ciência estudada nesta disciplina, a Física.

O filósofo pré-socrático escolhido para esta abordagem foi Anaximandro de Mileto, que foi discípulo de Tales de Mileto. Tales de Mileto, em seus estudos, elegeu o elemento água como o elemento ligado à vida e ao nascimento de tudo. Construiu o conceito traduzido pelo termo *ARKHÉ*, que é a essência da explicação de tudo que há no universo, admitindo que tudo muda, mas que a essência das coisas deve permanecer a mesma.

Já Anaximandro de Mileto diverge de seu mestre, e se aproxima mais do que se propõe atualmente – e é esta proximidade que motiva mencioná-lo - ao colocar que não há um elemento físico que define o princípio universal de tudo. Anaximandro traz o conceito de *APEIRON*, que é o infinito, o ilimitado, o indeterminado, considerando que há mudanças infinitas o tempo todo e em todos os processos, mas que nada se perde no final.

Faz-se necessário que a história da ciência seja tratada para além de meras datas de nascimento, morte, casamento e fatos históricos deslocados do contexto social. [GUERRA, REIS e BRAGA, 2004] afirmam que:

“Para que a história da ciência cumpra o papel destacado, é necessário que, ao enfocá-la, seja ultrapassada a história factual, baseada apenas em curtas biografias dos autores das leis e das teorias atualmente aceitas. Ela será um instrumento eficaz na construção de um espaço propício à reflexão, quando, paralelamente ao estudo histórico do desenvolvimento interno dos conceitos e experimentos científicos e tecnológicos, discuta-se como o desenvolvimento desses conhecimentos se inseriu na história das sociedades.”

Na inserção histórica, deve-se revelar, para além das correlações, a própria natureza do fazer científico:

“Um ensino de ciências que tenha por pressuposto discutir a natureza da ciência é um ensino reflexivo, um ensino que pretende trazer aos alunos reflexões e problematizações sobre a ciência, no sentido de ressaltar que esse conhecimento é construído dentro de um tempo e espaço específicos e que, por isso, dialoga com os diferentes saberes de seu tempo e espaço.” [VITAL e GUERRA, 2014]

De fato, a abordagem à História e Filosofia da Ciência só se completa, na sua dimensão reflexiva, se alcança sondar a própria Natureza da Ciência, as questões, pressupostos e limites do fazer científico. Apresentar ao aluno(a) a intimidade desta atividade humana carrega forte potencial de desenvolvimento de seu pensamento crítico, objetivo central nesta proposta. O conceito de Natureza da Ciência levantado aqui, segue a reflexão trazida por [FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011], onde a Ciência é entendida como uma atividade humana, historicamente construída, imersa no contexto

cultural e social, que permite interpretações, ambiguidades, que não segue uma metodologia infalível e que é influenciada por fatores extra científicos.

É importante destacar aqui que a proposta não busca transformar a aula de Física em um estudo meramente histórico, onde somente seriam enfatizados aspectos da história da ciência. A localização do conteúdo trabalhado em seu momento histórico e social deve servir a facilitar a compreensão de conceitos físicos da cosmologia contemporânea.

Percebe-se, também, a importância da construção interdisciplinar das propostas didáticas, pois “a interdisciplinaridade é uma ferramenta, na escola, para superar a fragmentação do ensino, e, na ciência, para a elaboração de novos conhecimentos.” [HARTMANN e ZIMMERMANN, 2005]. Diante da premissa de não fragmentação do conhecimento e de conexão entre diferentes disciplinas no estudo de um dado tema, é estimulado o diálogo do(a) professor(a) de Física com professores de diversas outras disciplinas escolares.

Como sugestão, propõe-se, em concertação com professores de História e de Geografia, localizar no espaço e no tempo histórico as regiões citadas no trabalho, como a Grécia e a Itália, entender seus papéis geopolíticos e a adesão de cientistas e filósofos aos tecidos e movimentos sociais em que se surgiram seus argumentos e se deram suas descobertas. A disciplina de Filosofia, com a reflexão da História e Filosofia da Ciência pertinente ao conteúdo trabalhado, e a disciplina de Língua Portuguesa, com a análise e discussão dos textos produzidos, têm importantes contribuições a oferecer a este trabalho. Não se fecha, contudo, a proposta, apenas a estas disciplinas específicas. Configura-se, aqui, um percurso inicial do trajeto que se pode seguir em uma perspectiva interdisciplinar.

Segundo [FRIGOTTO, 1995]

“A necessidade da interdisciplinaridade na produção do conhecimento funda-se no caráter dialético da realidade social que é, ao mesmo tempo, una e diversa e na natureza intersubjetiva⁶ de sua apreensão (...)”. É diante disto “que podemos perceber os limites e as possibilidades do trabalho interdisciplinar. Isto porque é nesta materialidade

⁶ É a relação entre sujeito e sujeito e/ou sujeito e objeto. O relacionamento entre indivíduos no ambiente localiza-se no campo da ação, ou na liberdade de ação, o que implica a negociação com o outro.

que imperativamente se produz o ser social. E é nesta materialidade (sempre histórica e social) que os homens produzem suas ideias, teorias e concepções.”

Espera-se que a abordagem interdisciplinar, em pleno reconhecimento do caráter não linear da construção científica, permita melhor abordar a prevalência e/ou persistência de alguns conceitos “equivocados”, que permanecem no imaginário das pessoas devido à sua interação com o coloquial ou cotidiano. Esses equívocos são pautados em parametrizações intuitivas de experiências práticas, ou na semântica simplificada das palavras. Por exemplo, o conceito de aplicação de energia é usualmente associado à troca de material/substância, e identificações impróprias entre o conceito de energia e a quantidade de movimento são frequentes.

A propósito da intuição cotidiana, segundo [Porto, 2009], “o Cosmos aristotélico constitui uma síntese das percepções empíricas acumuladas até então pela vivência humana.” Diante desta reflexão, torna-se compreensível a concepção aristotélica apresentada pela maioria dos(as) alunos(as). Há registro farto de, entre alunos(as) do ensino médio, prevalecer a ideia de que o movimento está ligado a uma causa: “Para Aristóteles, todo movimento (mudança) possui uma causa” [Porto, 2009].

Constata-se, assim, que:

“muitos estudantes, hoje, apresentam uma concepção aristotélica envolvendo a proporcionalidade força - velocidade, raiz de tantos erros em Dinâmica, por que, então, não apresentar ao estudante, dentro de um contexto simplificado mas objetivo, as ideias básica de Aristóteles que o levaram a estabelecer esta proporcionalidade? Além de instrutivo, este procedimento pode propiciar um importante referencial para o aluno repensar algumas das suas ideias” [ZYLBERSZTAJN e MOREIRA, 1992]

Sustenta-se, assim, a ideia, aqui adotada, de que uma metodologia baseada no resgate/rediscussão das concepções aristotélicas e na construção histórica e filosófica da ciência pode ser uma ótima ferramenta didática para facilitar a introdução dos conceitos de Física Contemporânea em turmas do Ensino Médio.

Capítulo 3

Produto Didático

3.1 A motivação da Cosmologia Contemporânea

Com fundamentação teórica em análises produzidas por autores como Paulo Freire, Hannah Arendt, entre outros, afirma-se a necessidade de que a escola exerça seu papel transformador. Neste cenário, o processo de ensino/aprendizado e seus elementos fundamentais, a reflexão crítica e a construção do conhecimento, realizam-se no coletivo integrado por professor(es) e alunos(as). Diante disto, cabe à escola e ao(a) professor(a) estimular movimentos plenos de consciência nos(as) alunos(as), para que eles cheguem a resultados por sua própria reflexão e conflitos internos, não podendo simplesmente transferir a responsabilidade de seus atos ou omissões à burocracia ou a ordem de superiores.

Neste sentido, há necessidade de uma pluralidade de opiniões, contextualização de ideias e uma cada vez maior singularidade pessoal, permitindo um necessário (auto-) julgamento político de nossos atos. Tem-se a expectativa de que, a partir de uma reflexão do papel da ciência e dos cientistas na construção histórica, política e social do mundo em que vivemos, induzida pela localização de ideias e descobertas científicas, aprofunde-se a percepção da importância, pelo(a) aluno(a), do juízo político de suas opções.

Desenvolvi, ao longo da graduação, diversos projetos e propostas didáticas em Ensino de Física. A proposta de “Modelos de Mundo” foi criada, desenvolvida e aplicada ao longo da minha carreira docente. A construção de conhecimento pretendida se pautava pela tentativa de aproximar alunos(as) que não apresentavam interesse nos conteúdos de Física (ciência conhecida como “dura” e/ou “exata”) a elementos dessa disciplina, e, através de uma construção histórica e algo filosófica, com maior universalidade de discurso, despertar também a atenção de alunos(as) mais ligados a essas outras áreas, com o assumido propósito de convidá-los à Física.

Realizando uma discussão mais abrangente e universal acerca de temas de cosmologia, buscou-se, portanto, aproximar a Física de questões trazidas, usualmente, por outras áreas do conhecimento, como Filosofia, História e Geografia.

A partir da observação de que a Ciência, especialmente a Física, foi construída ao longo da história de forma não linear, ao contrário da imagem padrão de que só se configuram avanços, pretende-se dar ao aluno(a) a oportunidade de qualificar sua construção de conhecimento em sala de aula, oferecendo-lhe, através de perguntas motivadoras, questionamentos e debates, a dimensão de protagonista no exercício do “Método Científico”.

A centralidade dá-se, assim, no debate de ideias, admitindo-se retornos a conceitos fundadores de modelos ditos “superados”, com a ilustração da Física Contemporânea acolhendo apostas conceituais que podem ser encontradas nos fragmentos orais dos pré-socráticos. Ressalte-se que a primeira menção do termo *Physis*, entendido como eterna mudança, “sempre o que é primário, fundamental e persistente, em oposição ao que é secundário, derivado e transitório” [BORNHEIM, 1998], reforça a noção mais própria de ciência como “consenso provisório”, dando ao aluno(a) uma medida mais justa – e mais convidativa à palavra – do trabalho científico.

De qualquer modo, para que o “retorno conceitual” se materialize, há que se preencher duas lacunas no diálogo idealizado sobre a construção do conhecimento científico em sala de aula.

A primeira se refere à Física Contemporânea, para a qual algumas questões podem ser levantadas. Como trazer ao estudante o consenso científico de seu tempo? Como emancipá-lo no presente? Observe-se que não se pretende apenas a completude de conteúdos, mas a autonomia assertiva do estudante no que se discute em ciência no mundo em que vive.

A segunda se refere à ideia de evolução do conhecimento científico. Pois, qualquer que seja o critério para definir evolução, esta merece, historicamente, uma descrição linear? O conhecimento “evolui”, sofisticando-se conceitualmente e formalmente, de modo irreversível na história? A ciência eventualmente produz resgate de conceitos e ideias previamente apresentadas, mas que haviam perdido lugar no consenso científico.

Entende-se a Física como uma ciência localizada em um contexto histórico, que não apresenta consenso automático, e não evolui de maneira linear guiando-se sempre em direção a avanços, mas que está sempre em interação com movimentos históricos e sociais, e presentifica todos os conceitos, abandonados ou não, ao se constituir enquanto ciência.

Pautada nesta análise, a presente proposta didática pretende abrigar diferentes momentos da história do conhecimento, revelando uma conexão, ainda que sutil e

qualitativa, entre a Física Contemporânea e alguns conceitos apresentados por filósofos pré-socráticos. Em especial, o filósofo Anaximandro de Mileto, que apresenta em sua teoria conceitos que se aproximam do que se propõe hoje em Física contemporânea. Anaximandro de Mileto apresenta a ideia de Universo infinito (diferente do que se considera presentemente), recusando-se “a ver a origem do real em um elemento particular” (em consonância com as várias famílias de partículas “fundamentais” e a noção de “vácuo”), compreendendo que “do ilimitado surgem inúmeros mundos “(flutuações quânticas?)”, e estabelece-se a multiplicidade; a gênese das coisas a partir do ilimitado é através da separação de contrários” [BORNHEIM, 1998].

Pode-se, assim, construir com os(as) alunos(as) analogias, onde, por exemplo, a ideia de separação de contrários de Anaximandro de Mileto pode ser associada a conceito de partícula e anti-partícula. E a ideia de ilimitado e eterno pode dialogar com o conceito contemporâneo de Universo dinâmico, atualmente, crê-se, em expansão acelerada.

Deve-se reconhecer que, diferentemente dos conceitos trabalhados em minhas experiências anteriores (Modelos Heliocêntrico e Geocêntrico), as teorias formais da Física Contemporânea não fazem parte da vida cotidiana ou mesmo acadêmica/escolar dos(as) alunos(as). E que, portanto, não se enquadram no conjunto de modelos acatados, também não encontrando lugar no exercício intuitivo, na observação contemplativa ou em representações do concreto, do familiar.

Dado este pressuposto, busca-se gerar, na tensão entre Geocêntrico x Heliocêntrico, “brechas conceituais”, extensões e extrapolações de raciocínio que permitam considerar possibilidades sugestivas e indicativas dos paradigmas atualmente prevalentes. Como costura de integração do(a) aluno(a) à construção do conhecimento científico, projeta-se oferecer, ainda, a sobreposição dos consensos prevalentes em física contemporânea com considerações de filósofos pré-socráticos, cronologicamente anteriores, portanto, aos revistos modelos geocêntrico e heliocêntrico.

No estudo da Física Contemporânea, um único assunto pode revelar ser necessário apresentar e discutir áreas do conhecimento usualmente organizadas, na cronologia curricular, em momento diferente, como Fenômenos ondulatórios, Quântica, conceito de inércia, escalas físicas, entre outras. Sugerimos, como perspectiva para o estudo da Física Contemporânea no Ensino Médio, uma proposta necessariamente pluriconceitual, reunindo assim vários domínios da Física na interpretação/descrição de um “fenômeno natural”.

3.2 Aplicação

A metodologia a ser utilizada nesta proposta didática segue os caminhos preconizados pelas teorias de aprendizagem de Paulo Freire e Vigotsky. Diante destes preceitos, e observando os conhecimentos prévios dos(as) alunos(as), a presente proposta foi construída de forma a ser aplicada em dois momentos ao longo do Ensino Médio, no primeiro e no terceiro ano.

De acordo com a análise de conhecimentos prévios, o material utilizado no primeiro Ano do Ensino Médio contém a discussão de Modelos de Mundo e uma pequena análise do efeito Doppler, o conceito de Inércia e Física Contemporânea. Em função do grau de maturidade do grupo de alunos(as) do terceiro ano, o material utilizado contém, adicionalmente, discussões sobre ondas e a constituição da matéria. Estes conteúdos foram acrescentados, assim como a discussão do efeito Doppler, de forma a enriquecer o debate sobre os Modelos de Mundo.

Esta proposta didática referencia-se na apresentação de perguntas motivadoras que podem ser reestruturadas e adaptadas pelo(a) professor(a) que irá aplicar o presente produto. Mudando as perguntas, também se relativiza o grau de intensidade e profundidade com que podem ser abordados elementos subsidiários da discussão.

Pretende-se contemplar, portanto, as bases educacionais propostas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira [LDB, 1996], no Capítulo II, “Da Educação Básica”, na seção IV, “Do Ensino Médio”, art 35: “O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades: (...) inciso III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;”

Em coerência com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, também conhecidos como PCN + [MEC, 2000], para o ensino de Física

“Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.”

“A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do Universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construído. (...) Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado”

De acordo com o currículo mínimo sugerido pela Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro [MEC, 2000], para o primeiro ano do Ensino Médio são colocadas as habilidades e competências listadas abaixo, dentre as quais grifa-se o que tem clara correlação com este trabalho.

“I - Compreender o conhecimento científico como resultado de uma construção humana, inserido em um processo histórico e social.

II - Reconhecer a importância da Física Aristotélica e a influência exercida sobre o pensamento ocidental, desde o seu surgimento até a publicação dos trabalhos de Isaac Newton.

III - Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos.

IV - Saber comparar as ideias do Universo geostático de Aristóteles-Ptolomeu e heliostático de Copérnico - Galileu - Kepler.

V - Conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia/noite, estações do ano, fases da Lua, eclipses, marés etc.).

VI - Reconhecer ordens de grandeza de medidas astronômicas.

VII - Compreender a relatividade do movimento.

VIII - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas.

IX - Compreender os conceitos de velocidade e aceleração associados ao movimento dos planetas.

X - Reconhecer o caráter vetorial da velocidade e da aceleração.”

Da mesma forma, apresenta-se aqui a lista das competências e habilidades sugeridas ao terceiro ano do Ensino Médio, relativas ao quarto bimestre.

I - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas.

II - Compreender as propriedades das ondas e como elas explicam fenômenos presentes em nosso cotidiano.

III - Compreender a importância dos fenômenos ondulatórios na vida moderna sobre vários aspectos, entre eles sua importância para a exploração espacial e na comunicação.

IV - Relacionar benefícios alcançados nas comunicações e na saúde com o desenvolvimento científico e tecnológico alcançado pela Física Ondulatória.

V - Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos.

VI - Discutir modelos para a explicação da natureza da luz, vivenciando a ciência como algo dinâmico em sua construção.”

No que tange ao caráter interdisciplinar, histórico e filosófico das habilidades e competências sugeridas para todos os ciclos da Educação básica, particularizadas aqui para dois bimestres do primeiro e terceiro ano do Ensino Médio, vale citar os Parâmetros Curriculares Nacionais de 2002 [MEC, 2002]:

“A interdisciplinaridade deve ir além da mera justaposição de disciplinas e, ao mesmo tempo, evitar a diluição delas em generalidades. De fato, será principalmente na possibilidade de relacionar as disciplinas em atividades ou projetos de estudo, pesquisa e ação, que a interdisciplinaridade poderá ser uma prática pedagógica e didática adequada aos objetivos do Ensino Médio.”

A presente proposta didática contempla, portanto, os PCN+ e o Currículo Mínimo – sugerido pela Secretaria Estadual de Educação do Estado do Rio de Janeiro - para o Ensino Médio da rede pública. No entanto, sua construção liberta-se do cronograma previsto no Currículo Mínimo, congregando tópicos cujas abordagens são previstas para se dar em momentos distintos ao longo do ano letivo correspondente.

3.2.1 Descrição da Proposta Didática – Primeiro Ano do Ensino Médio

Primeiro encontro

Na primeira aula, é proposta uma experiência de pensamento em que os(as) alunos(as) são convidados a viajar para a Grécia, onde serão discípulos em uma aula nos jardins do Parthenon. São apresentadas as seguintes perguntas motivadoras: A Terra gira em torno do Sol ou o Sol gira em torno da Terra? Neste momento, você se sente em movimento? Deixamos cair um objeto, ele cai em linha reta em direção ao chão. Se a Terra gira em torno do Sol, este objeto não deveria cair para trás? Será que a Terra está parada?

O(a) professor(a) deve construir, junto com os(as) alunos(as), o Modelo Geocêntrico: seus argumentos e sua estrutura lógica. Os(as) alunos(as) recebem, como material de apoio, o texto da primeira aula - ver Apêndice I. É sugerido que o(a) professor(a) também aborde os conceitos de lugar natural, busca pela perfeição, horror ao vácuo e traga à discussão, de forma lúdica, toda a lógica de raciocínio do mundo grego. Considera-se, ainda, a possibilidade de realizar esta aula ao pé de uma árvore nos jardins da própria escola (se a edificação dispuser de tal espaço), e brincar com a alteração de seu próprio nome para um nome grego.

Ao final, a turma será separada em grupos ou em duplas que irão construir pequenos textos defendendo o Modelo Geocêntrico (independentemente das convicções individuais – estimula-se a capacidade argumentativa sobre uma proposição, por razões lógicas, sem submissão à intuição primeira – não descartada). Este material escrito pelos(as) alunos(as) pode ser utilizado como avaliação e, em sintonia com a disciplina de língua portuguesa, contribuir para a evolução da escrita dos(as) alunos(as). Também se estimula a interdisciplinaridade com as disciplinas de História, Geografia e Filosofia, pois este conteúdo deve ser entendido em suas contextualizações espacial e temporal.

Segundo encontro

Apresentação do Modelo Heliocêntrico a partir das observações de Galileu Galilei, revelando-se que este modelo já vinha sendo formulado por outros filósofos e cientistas, com destaque para Nicolau Copérnico, e ainda estendido, valendo

especialmente citar Jordano Bruno. Dependendo dos materiais e recursos que o(a) professor(a) encontrar à sua disposição, é indicado o uso do Galileoscópio fornecido às instituições públicas de ensino pela Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) no ano de 2009.

Os textos que servem de fundamentação teórica para a presente aula estão localizados na aula 2 do Apêndice I, juntamente com as perguntas motivadoras desta discussão: Podemos dizer que Aristóteles estava errado? Não parece que o Sol gira em torno da Terra? E os outros planetas? Eles giram em torno da Terra? Como explicar o vai e vem de alguns planetas no céu? Epiciclos são a melhor explicação para o movimento retrógrado?

Verifica-se, nos(as) alunos(as) que abraçaram o Modelo Geocêntrico, uma grande dificuldade no retorno conceitual. O movimento da Terra é uma quebra de paradigma muitas vezes difícil de ser resgatada. Sendo assim, o movimento da Terra deve ser associado à revisão do conceito de inércia Geocêntrico, lançando-se mão, por exemplo, da experiência de pensamento de Galileu com a redução do atrito, ligando inércia ao movimento inalterado, mas não exclusivamente ao repouso. Ao final da aula, é proposta a construção de um texto argumentativo defendendo o Modelo Heliocêntrico.

Terceiro encontro

Os(as) alunos(as) são levados a refletir sobre um Universo sem centro, homogêneo e isotrópico, conteúdo este relacionado com a Cosmologia Contemporânea. É sugerido que a turma realize primeiramente a leitura do texto da aula 3, que se encontra no Apêndice I. Pretende-se gerar reflexão sobre as perguntas-chave que se distribuem ao longo de todo o texto. Como exemplo, temos: Com o modelo de Galileu, a Terra passa a se movimentar em torno do Sol. Se há movimento, por que este se dá em torno do Sol? Por que esse movimento não é aleatório? Por que é uma órbita?

O(a) professor(a) deve ir apresentando os conceitos de forma gradual, como as concepções de espaço e tempo, e relembrar aos(as) alunos(as) as definições de galáxias e outras terminologias utilizadas no texto. Algumas palavras-chave para a compreensão dos conceitos propostos nesta aula podem ser pesquisadas, no momento da aplicação, através dos instrumentos de busca que se encontram nos celulares dos(as) alunos(as). Com o intuito de subsidiar o(a) professor(a) nessa tarefa, apresenta-se a definição de alguns termos:

Homogêneo - que possui igual natureza e/ou apresenta semelhança de estrutura, função, distribuição etc. em relação a (diz-se de qualquer coisa em comparação com outra).⁷ É algo identificável como único, mesmo que se reconheçam partes/elementos/substâncias diferentes. Exemplo: a água é um elemento só, portanto é homogênea, porém formada por duas substâncias diferentes: hidrogênio e oxigênio (H₂O).⁸

Isotrópico - que possui propriedades físicas que são independentes da direção (diz-se de um meio); isotrópico.⁹ É a caracterização de uma substância que possui as mesmas propriedades físicas, independentemente da direção de avaliação considerada.¹⁰

Caso haja tempo hábil, e o(a) professor(a) verifique a necessidade de aprofundar a ideia do calendário cósmico, evitando-se, assim, algumas falhas conceituais, é sugerida a apresentação de trechos, ou na íntegra, do primeiro episódio da série “Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo”. Pode-se, ainda, citar falas de outros filósofos e cientistas que não tenham sido abordados na presente proposta didática. Como exemplo, vale citar a perspectiva filosófica do cardeal alemão Nicolau de Cusa (século XV), que é anterior às teorias de Copérnico, onde se defendia que:

“todos os corpos estariam em movimento e as afirmações sobre estar em repouso ou em movimento dependiam exclusivamente do observador. Tanto um observador situado na Terra como outro situado no Sol estariam corretos ao afirmar que estão no centro do Universo e que tudo mais gira a seu redor.” [PORTO e PORTO, 2008]

De forma paralela e interligada com o conteúdo apresentado, os conceitos de espaço, tempo, velocidade e aceleração são trabalhados nesta aula. O conceito de

⁷<https://www.google.com.br/search?client=ubuntu&channel=fs&q=homogEnio+defini%C3%A7%C3%A3o+na+f%C3%ADsica&ie=utf-8&oe=utf-8&gfe_rd=cr&ei=siFDV6D5EerM8Aff_5qgDw#channel=fs&q=defini%C3%A7%C3%A3o+palavra+homogeneo> Acesso em 23 de maio de 2016.

⁸<<http://www.dicionarioinformal.com.br/homog%C3%AAneo/>> Acesso em 23 de maio de 2016.

⁹<https://www.google.com.br/search?client=ubuntu&channel=fs&q=homogEnio+defini%C3%A7%C3%A3o+na+f%C3%ADsica&ie=utf-8&oe=utf-8&gfe_rd=cr&ei=siFDV6D5EerM8Aff_5qgDw#channel=fs&q=isotr%C3%B3pico> Acesso em 23 de maio de 2016.

¹⁰<<http://www.dicionarioinformal.com.br/isotr%C3%B3pico/>> Acesso em 23 de maio de 2016.

Universo em expansão também pode ser abordado com o uso do “Paradoxo de Olbers”, que explora a ideia de que se o Universo fosse estático/imutável e eterno, o céu noturno seria igualmente iluminado ao céu diurno. Como, em relação às aulas anteriores, há um marcante incremento na carga textual, esse fenômeno pode ser abordado paralelamente ao texto. Também é sugerida a utilização de vídeos, como o que se encontra em <https://www.youtube.com/watch?v=OLQgI3_fnnI>, por exemplo, que abordam de forma divertida e dinâmica o assunto.

Ao final da atividade e da reflexão sobre os conceitos apresentados, os(as) alunos(as) devem redigir um pequeno texto argumentando a favor do Modelo de Universo Homogêneo e Isotrópico. Este é o último momento de escrita proposto por este projeto.

Quarto encontro

Nesta aula, propõe-se reflexão acerca da expansão acelerada do Universo. Para isto, colocam-se as seguintes perguntas: O Universo pode se expandir? A expansão pode ser acelerada? O conceito de espaço-tempo como fenômeno é abordado de maneira mais profunda nesta aula.

Ao final, como forma de avaliação, propõe-se a realização de um debate entre os defensores do modelo Geocêntrico, Heliocêntrico e Universo sem centro. Caso possível, este debate poderá ser feito com caracterizações e de forma teatral. Os textos de fundamentação utilizados em cada aula e os textos produzidos pelos(as) alunos(as) serão usados para alimentar o debate.

Quinto encontro

A presente aula tem como proposta a análise de tudo que foi trabalhado e estimula a reflexão acerca dos processos da ciência em função de seu desenvolvimento histórico e dos contextos sociais envolvidos.

Dá-se a apresentação de fragmentos e citações de Anaximandro, demonstrando que a Física Contemporânea encontra propostas precursoras, exercitando perspectivas que exibem alguma ressonância com sementes conceituais que já haviam sido plantadas pelos pré-socráticos. A ideia de inúmeros mundos de Anaximandro guarda relação conceitual mais próxima de uma cosmologia contemporânea do que modelos teóricos

que o sucederam, como o Geocentrismo e o Heliocentrismo, que singularizavam centros ou lugares privilegiados no Cosmos.

Adicionalmente, registrando-se interesse dos(as) alunos(as), o(a) professor(a) tem a opção de, mediante pesquisa prévia, enriquecer o debate com incursões a outras culturas que fizeram leituras do céu e tentaram entender o Universo, como a Indiana, Chinesa ou a dos povos andinos.

O quadro “A escola de Atenas”, de 1511, de Raffaello Sanzio (1483 – 1520), que é utilizado na forma de figuras ilustrativas de filósofos citados ao longo de toda a proposta, é apresentado neste momento. Como finalização da atividade, é solicitada aos(às) alunos(as) a construção de uma nova configuração para este quadro, com a substituição dos filósofos representados na tela original por cientistas, denominando-o, assim, “A nova escola de Atenas”.

Para a construção do quadro “A nova escola de Atenas”, os(as) alunos(as) devem buscar três cientistas que se identificam com o gênero feminino e três com o gênero masculino, tendo como referência, portanto, a promoção de paridade de gêneros no novo quadro. Os cientistas pesquisados para a reformulação do quadro devem ser pós-galileanos e atuar na mesma área do conhecimento do Filósofo que será substituído. Projeta-se, assim, que os(as) alunos(as) não repitam nomes já representados no quadro e busquem em suas pesquisas referências atuais onde haja maior identificação.

Como a presente aula envolve uma atividade de pesquisa, fica a critério do(a) professor(a), dependendo da estrutura disponível (acesso a internet), realizá-la integralmente em sala de aula, ou antecipar a pesquisa como tarefa de casa, antecedendo a aula. Pretende-se, assim, enriquecer a discussão sobre a construção do conhecimento, ilustrando-se o quanto a ciência revisita ideias fundamentais.

Sugestão de complemento à proposta didática

Visita a um Planetário (RJ: Planetário Móvel da OBA ou Planetário da Gávea).

Visita a Museus de Divulgação Científica (RJ: Museu de Astronomia, em São Cristóvão. Museu do Amanhã, Praça Mauá).

Assistir a alguns episódios da série “Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo”, com o astrofísico Neil deGresse Tyson.

3.2.2 Descrição da Proposta Didática – Terceiro Ano do Ensino Médio

Primeiro encontro

A primeira aula proposta para o Terceiro Ano do Ensino Médio é um condensado das duas primeiras aulas propostas ao Primeiro Ano.

Segundo encontro

O material utilizado é o mesmo da terceira aula apresentada ao Primeiro Ano do Ensino Médio. Em função do público, do grau de resposta e dos questionamentos levantados pelos(as) alunos(as), os conceitos de ondas e espectro da luz já podem merecer discussão, como forma de preparar os(as) alunos(as) para a aula seguinte.

Terceiro encontro

Esta é a única aula que se diferencia textualmente do material apresentado ao Primeiro Ano. No material proposto, o Efeito Doppler e o Espectro da Luz são apresentados de forma a construir os argumentos que levam ao Modelo de Mundo onde o Universo está em expansão. Não é proposta, neste momento, qualquer atividade escrita ou outra avaliação da aula. Fica a critério do(a) professor(a) regente alterar ou reconfigurar a conclusão deste encontro. Entende-se que este seria um momento de pausa e reflexão, onde os diversos conceitos trabalhados irão maturar no inconsciente do(a) aluno(a).

Quarto encontro e quinto encontro

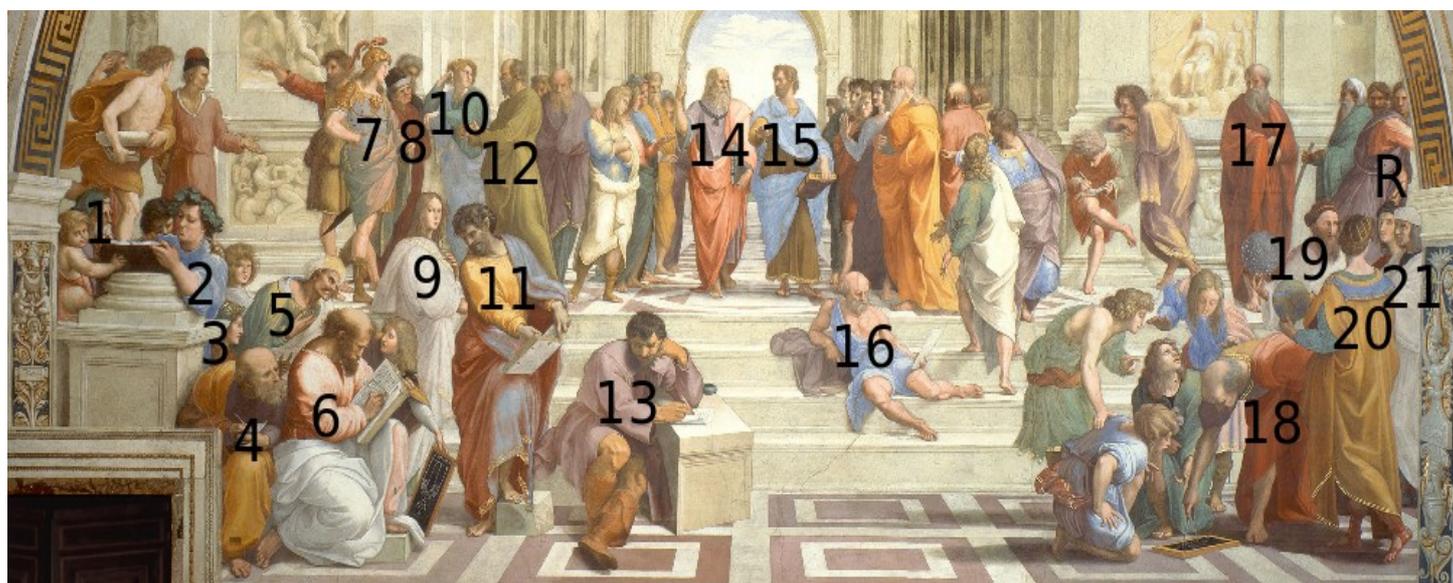
Estes reproduzem as mesmas discussões apresentadas aos(às) alunos(as) do Primeiro Ano do Ensino Médio.

3.2.3 Quadro de referências e campo do saber dos personagens da pintura “A escola de Atenas”

Na perspectiva de facilitar a aplicação da presente proposta didática, foi construído um quadro de referência e campo do saber* dos personagens retratados na pintura “A escola de Atenas”.

*segundo sítios da rede de alto registro de acessos (ex: Wikipedia)

11



Legenda do Quadro “A escola de Atenas” ¹²	
1- Zenão de Cítio (<i>Filósofo - fundou a escola filosófica estoica</i>) ou Zenão de Eléia (<i>Filósofo pré-socrático da escola eleática</i>)	12 – Sócrates (<i>Filósofo ateniense do período clássico da Grécia Antiga</i>)
2 – Epicuro (<i>Filósofo grego do período helenístico</i>)	13 – Heráclito (<i>Filósofo pré-socrático considerado o "Pai da dialética"</i>) com o rosto de Miguel Ângelo (<i>Michelangelo foi um pintor, escultor, poeta e arquiteto italiano</i>)
3 – Frederico II (<i>Frederico II da Alemanha - rei</i>), duque (<i>nobre</i>) de Mântua e Montferrat (<i>área geográfica do Piemonte - Itália</i>)	14 – Platão (<i>Filósofo e matemático do período clássico da Grécia Antiga, autor de diversos diálogos filosóficos e fundador da Academia em Atenas, a primeira instituição de educação superior do mundo ocidental</i>) - segurando o Timeu com o rosto de Leonardo da Vinci (<i>Diplomata, cientista, matemático, engenheiro, inventor, anatomista, pintor, escultor, arquiteto, botânico, poeta e músico</i>)

11

<[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fb/Raffaello Scuola di Ate ne numbered.svg/1000px-Raffaello Scuola di Atene numbered.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fb/Raffaello_Scuola_di_Atene_numbered.svg/1000px-Raffaello_Scuola_di_Atene_numbered.svg.png)> Acesso em 2 de novembro de 2015

¹² <<http://www.sabercultural.com/template/obrasCelebres/A-Escola-de-Atenas.html>> Acesso em 2 de novembro de 2015

4 – Anicius Manlius Severinus Boethius (<i>Filósofo, estadista e teólogo romano</i>) ou Anaximandro (<i>Geógrafo, matemático, astrônomo, político e filósofo pré-Socrático</i>) ou Empédocles (<i>Filósofo e pensador pré-socrático grego</i>)	15 – Aristóteles (<i>Filósofo grego, aluno(a) de Platão e professor de Alexandre, o Grande. Seus escritos abordam diversos assuntos como a física, a metafísica, as leis da poesia e do drama, a música, a lógica, a retórica, o governo, a ética, a biologia e zoologia</i>) segurando Ética a Nicômaco (<i>É a principal obra de Aristóteles sobre Ética. Nela se expõe sua concepção teleológica e eudaimonista de racionalidade prática, sua concepção de virtude como mediania e suas considerações acerca do papel do hábito e prudência.</i>)
5 – Averroes (<i>Filósofo, médico e polímata muçulmano andaluz</i>)	16 – Diógenes de Sínope (<i>Filósofo na Grécia antiga</i>)
6 – Pitágoras (<i>Filósofo e matemático grego jônico creditado como o fundador do movimento chamado Pitagorismo</i>)	17 – Plotino (<i>Filósofo neoplatônico</i>)
7 – Alcibiades (<i>General e político ateniense</i>) ou Alexandre o Grande (<i>Rei do reino grego antigo da Macedônia</i>)	18 – Euclides (<i>Matemático platônico, conhecido como o “Pai da geometria”</i>) ou Arquimedes (<i>Matemático, físico, engenheiro, inventor, e astrônomo grego</i>) - acompanhado de estudantes (Bramente)
8 – Antístenes (<i>Filósofo grego considerado o fundador da filosofia cínica</i>) ou Xenofonte (<i>soldado, mercenário, discípulo de Sócrates e autor</i>)	19 – Estradão ou Soroastro (Baldassare Castiglione (<i>Diplomata italiano</i>) ou Pietro Bembo (<i>Gramático, escritor, humanista, historiador e cardeal veneziano</i>))
9 – Hipátia (<i>neoplatonista grega e filósofa do Egito Romano, a primeira mulher documentada como sendo matemática</i>) ou Francesco Maria della Rovere (<i>Duque</i>) ou amante de Raffaelo, Margherita.	20 – Ptolomeu (<i>Cientista grego que viveu em Alexandria, uma cidade do Egito. Ele é reconhecido pelos seus trabalhos em matemática, astrologia, astronomia, geografia e cartografia</i>)
10 – Ésquines (<i>Orador ateniense</i>) ou Xenofonte (<i>soldado, mercenário e discípulo de Sócrates</i>)	R – Apeles (<i>Renomado pintor da Grécia Antiga</i>) (Raffaello de Sanzio (<i>Mestre da pintura e da arquitetura da escola de Florença durante o Renascimento italiano, celebrado pela perfeição e suavidade de suas obras. Pintor do quadro “A escola de Atenas”</i>))
11 – Parmênides (<i>Filósofo grego natural</i>)	21 – Protógenes (<i>Pintor da Grécia Antiga</i>) (II Sodoma (<i>pintor maneirista italiano Giovanni Antonio Bazzi. Il Sodoma misturou a grandeza da Alta Renascença com as tradições da escola sienesa</i>) ou Pietro Perugino (<i>Pintor italiano</i>))

3.3 Avaliação

Nos primeiros três encontros, é proposta a construção de textos argumentativos defendendo o modelo exposto na aula. É sugerido que esses textos sejam utilizados como avaliação em conjunto com outras disciplinas, para que haja aprofundamento dos conteúdos que perpassam esta proposta. Seria enriquecedora a participação do(a) professor(a) da disciplina de língua portuguesa na análise e na orientação na construção dos textos. A localização geográfica e geopolítica da Grécia pode ser abordada na disciplina de Geografia, e a tentativa própria de entender o momento histórico de proposição de cada uma das perspectivas merece discussão na disciplina de História.

A metodologia de avaliação da presente proposta também é utilizada como instrumento de aprendizagem, pois:

“Não podemos esquecer que uma das funções da avaliação é promover a aprendizagem, e caso não cumpra este papel, se torna ineficaz e sem sentido. (...) Assim, com o objetivo invertido, a avaliação perde seu real sentido, tornando-se um instrumento de punição e julgamento, provavelmente para manter os alunos quietos, passivos e ouvintes – ironicamente, reforçando as características típicas de profissionais não criativos (...)” [MENEGOTTO e FILHO, 2008]

A construção de textos em duplas (ou grupos) e a reflexão a partir da História e da Filosofia da Ciência pretendem demonstrar aos(as) alunos(as) que a ciência é uma construção humana, histórica, social, e não é linear, pois:

“A linearização é responsável por uma imagem de ciência como algo não humano, muito superior às possibilidades dos mortais. A linearização da história apresenta a ciência como um produto a ser venerado, admirado à distância, fazendo com que os estudantes adquiram um sentimento de inferioridade.” [ZYLBERSZTAJN e MOREIRA, 1992]

Busca-se, portanto, que o(a) aluno(a), ao conceber um texto argumentativo na defesa de um determinado modelo, sinta-se construindo, naquele momento, conhecimento científico, e que ao verificar, em sua construção, a retomada de conceitos que têm precedentes, ao mesmo tempo presentifique toda a ciência anteriormente adotada e a localize próxima a ele(a), como resultado de seus próprios pensar e fazer. Pois “Avaliar um educando implica, antes de mais nada, acolhê-lo no seu ser e no seu modo de ser, como está, para a partir daí, decidir o que fazer.” [LUCKESI, 2000]

Desta forma, os(as) alunos(as) vivenciam que a ciência não é uma construção de deuses ou gênios, e sim de seres humanos dedicados que, ao longo de seus estudos, recuperam tudo que já foi construído por outros seres humanos.

Além dos textos elaborados pelos(as) alunos(as) ao fim de cada aula, defendendo o modelo discutido, propõe-se, como componente da avaliação, a realização de um debate ao final da quarta aula. O debate consiste na leitura dos textos produzidos e na defesa, que pode ser teatralizada ou não, dos Modelos de Mundo analisados nas aulas anteriores.

É proposta uma avaliação final que tem como objetivo demonstrar a não linearidade da ciência e como o conhecimento humano se presentifica em cada um de nós. A avaliação final consiste na apresentação do quadro “A escola de Atenas”, com a legenda de identificação de cada um dos Filósofos ilustrados. A tarefa do(a) aluno(a) é substituir um número definido destes Filósofos por cientistas pós-galileanos que atuam na mesma área do conhecimento. É importante destacar que, neste momento, os(as) alunos(as) são levados(as) a produzir, diferentemente do que prevalece no quadro original, uma paridade de gênero.

Na tentativa de auxiliar o docente que irá adotar este material, foi construído um quadro de referência que se encontra nos Apêndices da presente proposta. Utilizando o quadro de referência, o docente irá avaliar se a substituição foi realizada corretamente e se a paridade de gênero foi construída. Fica a critério de cada professor mensurar, de forma qualitativa, o resultado positivo ou negativo da avaliação sugerida.

Espera-se ainda que, com a aplicação do produto, os(as) alunos(as) obtenham uma consolidação conceitual advinda do exercício crítico, e que este avanço se faça perceber na discussão de outros tópicos do currículo regular, em período posterior ao encerramento desta prática.

Entende-se que a forma de avaliação proposta aqui, que não define numericamente uma nota para cada etapa do processo, deixando livre o docente para realizar tal estipulação, pode trazer dificuldades aos estudantes na interpretação de seus resultados. Da mesma forma, a leitura e a produção de textos também podem produzir resistência no grupo de alunos(as), dado que é usual – ainda que problemático - encontrar desinteresse pela leitura e escrita. Mesmo refletindo sobre estas eventuais adversidades, preconiza-se, aqui, a necessária autonomia do docente e o cuidado para com a aprendizagem significativa dos(as) alunos(as).

A discussão aqui expressa não pretende esgotar todas as possíveis reflexões acerca do tema metodologia de avaliação, que é muito amplo e vem sendo aprofundado e constantemente reformulado por diversos teóricos como Luckesi. A ideia é refletir e entender, de maneira preliminar, como a avaliação foi construída na presente proposta didática e como esta pode ser adaptada e reformulada pelo docente que a realizará em sala de aula.

Capítulo 4

Análise dos Resultados

A proposta didática foi aplicada em três turmas do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Professor Murilo Braga, em São João de Meriti, Baixada Fluminense, no turno da tarde. Nos dias 27 de outubro, 3, 10 e 17 de novembro do ano letivo de 2015, no quarto bimestre.

O Colégio Estadual Professor Murilo Braga atende tanto alunos(as) do município de São João de Meriti quanto alunos(as) moradores de bairros do município do Rio de Janeiro próximos à divisa com São João de Meriti como, por exemplo, Pavuna e Costa Barros. O Colégio Estadual Professor Murilo Braga sedia turmas de Ensino Médio nos turnos da manhã, tarde e noite. Oferece, ainda, como diferencial, turmas do Ensino Fundamental no turno da tarde e o EJA - Educação de Jovens e Adultos no turno da noite.

Cada turma apresenta em média 35 alunos e alunas, com idades médias entre 15 e 19 anos, com aproximada paridade no número de meninos e meninas, constituindo-se as turmas, em sua maioria, de alunas e alunos negros. O grupo específico que trabalhou sobre esta proposta era composto, exceção feita a poucos, por estudantes que já haviam sido alunos e alunas da presente docente no primeiro ano do Ensino Médio. Este fato se torna relevante na medida em que, buscando entender a afetividade ligada à construção do conhecimento, os(as) alunos(as) que são os sujeitos da presente proposta já haviam tido aulas e apresentavam uma relação de confiança e liberdade com a docente.

Os(as) professores(as) de Física, em sua grande maioria, não ministram aulas, na rede estadual, para turmas do nono ano do Ensino Fundamental. O Ensino Fundamental vem sendo retirado gradativamente das escolas estaduais, o que, potencialmente, pode prejudicar a dinâmica familiar, em situações em que o irmão mais jovem vai acompanhado do mais velho para a escola, e pode haver prejuízo à continuidade do ensino e à relação de pertencimento que os(as) alunos(as) têm para com o espaço escolar.

Mesmo no Colégio Estadual Professor Murilo Braga, onde o Ensino Fundamental ainda existe, sua extinção dá-se ano a ano, de forma gradativa. A responsabilidade de ministrar as aulas de Ciências no último ano do Ensino Fundamental

(nono ano), quando disciplinas de Química e Física são abordadas pela primeira vez, com as devidas identidades, é atribuída regimentalmente ao licenciado em Biologia, e é vedada a regência de turma ao licenciado em Física. Com isto, permite-se ao(a) professor(a) de Física ter contato com os(as) alunos(as) apenas a partir do primeiro ano do Ensino Médio, o que impõe à aplicação da versão do produto para o primeiro ano a impossibilidade de condução prévia da turma.

Sendo assim, é importante observar como será a aplicação da sequência didática em turmas do primeiro ano do Ensino Médio, onde se dá o primeiro contato do(a) professor(a) com o grupo de alunos(as). Nesse contexto, a relação de afeto esperada na interação professor(a)-aluno(a) terá que ser construída ao longo da aplicação e do ano letivo.

O produto didático voltou a ser aplicado no primeiro bimestre de 2016, em três turmas do primeiro ano, no mesmo colégio estadual. Como atividade motivadora e introdutória para a proposta, recebeu-se a visita do planetário móvel da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), que esteve na escola no início do bimestre. Em função da paralisação das atividades e pela adesão desta docente à greve, a continuidade da aplicação ainda está em suspenso.

A presente análise está focada nos materiais produzidos pelos(as) alunos(as) do terceiro ano, pois, como, até o momento, a aplicação no primeiro ano ainda não foi concluída, sua análise não será apresentada nesta dissertação.

Verificou-se a adesão da maioria dos(as) alunos(as) à proposta didática, e, em função da própria aplicação, o produto didático já sofreu diversas alterações. Como princípio de trabalho, entende-se que o produto (sequência de aulas, conteúdo e sua distribuição) pode e deve sofrer alterações em função de cada realidade escolar, e de cada grupo de alunos(as) em que for aplicado. Fica, portanto, a critério do(a) professor(a) regente adaptar a proposta de modo a aproveitar ao máximo o material sugerido, priorizando a construção e a reflexão didáticas elaboradas no presente trabalho.

Os conjuntos de aulas apresentados nos Apêndices representam esforço dedicado, levando-se em consideração a aplicação em sala de aula e análises posteriores, na construção de um bom material didático, que não se pretende um fim em si mesmo, mas concebe-se prevendo e acolhendo um processo de constante transformação e ressignificação.

4.1 Análise da Primeira Aula – Defesa do Modelo Geocêntrico

Na primeira aula, a ideia do movimento da Terra é questionada, e os(as) alunos(as) são levados a refletir acerca das “verdades científicas”, e de como eles aceitam sem questionar alguns, ou mesmo a maioria, dos conceitos científicos. Como proposta de avaliação desta aula, foi solicitado aos(as) alunos(as) que formassem duplas, buscando induzir troca frutífera de ideias e atitude cooperativa, e que construíssem um texto, argumentando de modo a defender o Modelo Geocêntrico.

Observou-se nesta aplicação, como já havia sido previsto, uma grande dificuldade no abandono, mesmo somente no plano das ideias, do modelo Heliocêntrico. A construção textual também foi um desafio para a aplicação do produto. Muitos(as) alunos(as) não conseguiram de imediato entender ou aderir à proposta, mas, ao receberem explicação adicional e mediante algum esforço de convencimento, a grande maioria escreveu textos coerentes e defendeu o modelo proposto.

Foi permitida a consulta, pelo celular, de sítios na internet. Uma dupla de alunos(as) fez uma cópia exata de um texto de um sítio científico. Este tipo de plágio é facilmente percebido, pois a linguagem utilizada pelos(as) alunos(as) se diferencia, e muito, da linguagem técnica de sítios científicos. É importante frisar que, mesmo com esse caso de plágio, a consulta à rede trouxe grande contribuição à construção textual.

São apresentados, aqui, três exemplos de materiais produzidos pelos(as) alunos(as).

O primeiro texto foi produzido por uma dupla de alunos(as) que aderiu de forma completa à proposta e criou uma argumentação coerente acerca do modelo Geocêntrico, em sua defesa.

Atividade em grupo:

Escreva um texto defendendo o Modelo Geocêntrico.

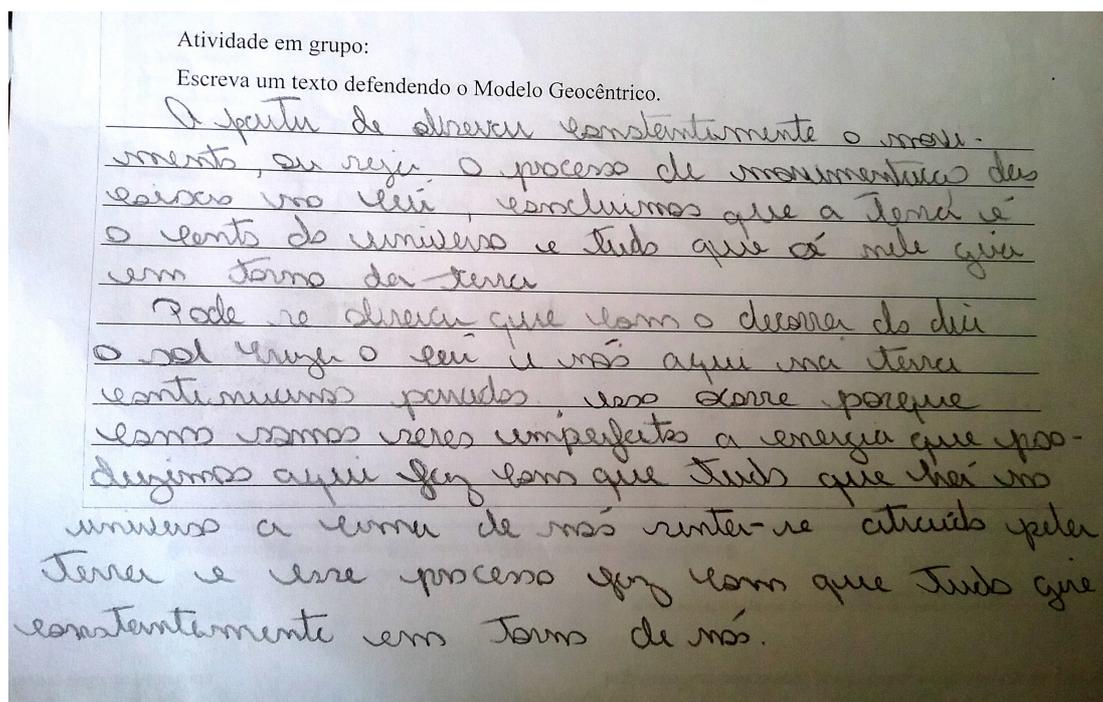
A Terra é o centro do Universo. Isto é completamente justificável pelos fatos do cotidiano. Ao observar o céu é notável que o Sol, a lua e todos os outros astros giram ao nosso redor e são submissos as nossas necessidades como a necessidade de luz, por exemplo. Além disso, como nós, seres humanos, somos dotados da razão, somos o centro do universo. Se o homem é feito dos cosmos e da divindade perfeita é claro que o lugar que habitamos necessariamente será o comandante das órbitas de todos os outros astros.

Transcrição do texto acima:

“A Terra é o centro do Universo. Isto é completamente justificável pelos fatos do cotidiano. Ao observar o céu é notável que o Sol, a lua e todos os outros astros giram ao nosso redor e são submissos as nossas necessidades como a necessidade de luz, por exemplo. Além disso, como nós, seres humanos, somos dotados da razão, somos o centro do universo. Se o homem é feito dos cosmos e da divindade perfeita é claro que o lugar que habitamos necessariamente será o comandante das órbitas de todos os outros astros.”

O segundo texto tem como peculiaridade a construção, pela dupla de alunos(as), de um novo modelo teórico envolvendo conceitos de energia para justificar a proposição de que a Terra é imóvel e se localiza no centro do Universo. Os(as) alunos(as) pediram para construir esse novo modelo, o que traz um registro muito interessante, pois havia neles a total consciência e a intencionalidade de utilizar grandezas e terminologias básicas para construir uma nova ideia e, dessa forma, criar um novo modelo teórico, ainda que o tenham feito carregando equívocos de conceito e aplicação das grandezas por eles selecionadas.

Neste sentido, a proposta didática revela o mérito adicional de, ao gerar reflexão na reconstrução de modelos de mundo, convidar os estudantes a exercitar conceitos fundamentais em Física, oferecendo ao(a) professor(a) evidências do grau de autonomia com que são empregados pelos(as) alunos(as).



Transcrição do texto acima:

“A partir de observar constantemente o movimento, ou seja, o processo de movimentação das coisas no céu, concluímos que a Terra é o centro do universo e tudo que há (há) nele gira em torno da Terra.

Pode se observar que com o decorrer do dia o sol cruza o céu e nós aqui na Terra continuamos parados. Isso ocorre porque como somos seres imperfeitos a energia que produzimos aqui faz com que tudo que há no universo a cima (acima) de nós sente-se atraído pela Terra e esse processo faz com que tudo gire constantemente em torno de nós.”

O terceiro texto é o exemplo mais marcante de uma dupla de alunos(as) que não conseguiu entender a proposta, tendo sido necessário reescrever o texto três vezes até que houvesse adesão ao que foi solicitado. Vale ressaltar que a divergência não se deu por independência propositiva, como no caso anterior. Foi verificado, de forma muito contundente, que estes alunos(as) se sentiram até mesmo constrangidos em suas crenças e em sua “fé” ao terem que defender, mesmo que apenas no plano das ideias, um modelo em que não acreditavam. E a ressalva de que a construção do texto seria uma produção no plano das ideias era levantada a todo momento.

Atividade em grupo:

Escreva um texto defendendo o Modelo Geocêntrico.

A ideia desses dois carinhos (Platão e Aristóteles) no meu vê, não tem muito a ver com a história de a terra não se mover. Pra mim a terra se move em torno do sol e da lua.

Eu entendo o que esses dois filósofos queriam explicar, porque se a terra se mexesse girasse poderíamos ficar enjoados e etc.

Os dois filósofos, com a sua tese de a terra está parada e é o centro do universo, eu concordo e concludo porque se não fosse imóvel poderíamos estar enjoado como velejando num barco.

Transcrição do texto acima:

“A ideia desses dois carinhos (Platão e Aristóteles) no meu vê (ver), não tem muito a ver com essa história de a terra não se mover. Pra mim a terra se move em torno do sol e da lua.”

“Eu entendo o que esses dois filósofos queriam explicar, porque se a terra se mexesse girasse poderíamos ficar enjoados e etc.”

“Os dois filósofos, com a sua tese de a Terra está parada e é o centro do universo. Eu concordo e concludo porque se não fosse imóvel poderíamos (poderíamos) está (estar) enjoado como velejando num barco.”

4.2 Análise da Segunda Aula – Defesa do Modelo Heliocêntrico

Verifica-se aqui, como já havia sido previsto, que há uma dificuldade no retorno conceitual ao movimento da Terra. Em diversas pesquisas sobre o ensino de física, dentre elas [ZYLBERSZTAJN e MOREIRA, 1992] e [Porto, 2009], em que o enfoque é a localização conceitual em que os(as) alunos(as) se encontram, percebe-se que muitos ainda guardam a perspectiva Aristotélica ou da Teoria do Impetus. Baseiam-se, mesmo que de forma ingênua/intuitiva, nos conceitos de ímpeto e lugar natural. Pois, segundo [REZENDE e BARROS, 2001], “O sistema de crenças do estudante, apesar de estar em conflito com o sistema newtoniano, seria capaz de lidar com a maioria das situações encontradas na vida diária sem contradição.”.

Após amplo debate e reflexão, todos os textos produzidos demonstraram o avanço conceitual esperado. Alguns textos trazem as atribuições de “certo”, “errado” e “importância”, o que foi discutido como uma classificação equivocada, mas percebe-se que é muito difícil avançar nesse campo, e trazer ao pensamento/discurso referências mais próximas à natureza da ciência, como o consenso, pactuado e provisório.

O texto abaixo traz uma reflexão equivocada, pois, a partir de uma observação melhor instrumentalizada (uso de luneta), afirma que é possível *ver* que a Terra não é o centro do Universo, e que se movimenta (gira). Foi discutida em sala a ideia de que, a partir da Terra, não era observada sua movimentação em torno do Sol, e que este movimento é algo que se conclui, uma consequência do que de fato é observado. Mas, a partir de alguns textos produzidos, percebe-se que este tipo de análise deve ser trabalhado mais cuidadosamente.

Atividade em grupo:

Escreva um texto argumentando de modo a defender o Modelo Heliocêntrico.

O modelo Heliocêntrico foi mais aceito com o uso da luneta, quando se observa os céus com a luneta, pode-se ter uma visão privilegiada e dá pra ver que a Terra não é o centro do Universo mas sim o Sol, observa-se que a Terra é só mais um Planeta e que a mesma gira em torno do sol, que o Sol é o centro do Universo.

Transcrição do texto acima:

“O modelo Heliocêntrico foi mais aceito com o uso da luneta, quando se observa os céus com a luneta, pode-se ter uma visão privilegiada e dá pra ver que a Terra não é o centro do Universo mas sim o Sol, observa-se que a Terra é só mais um Planeta e que a mesma gira em torno do sol, que o Sol é o centro do Universo.”

Outra análise interessante é trazida no texto abaixo, onde a dupla de alunos(as) reflete acerca de uma “teoria pobre” e do conceito de inércia.

Atividade em grupo:

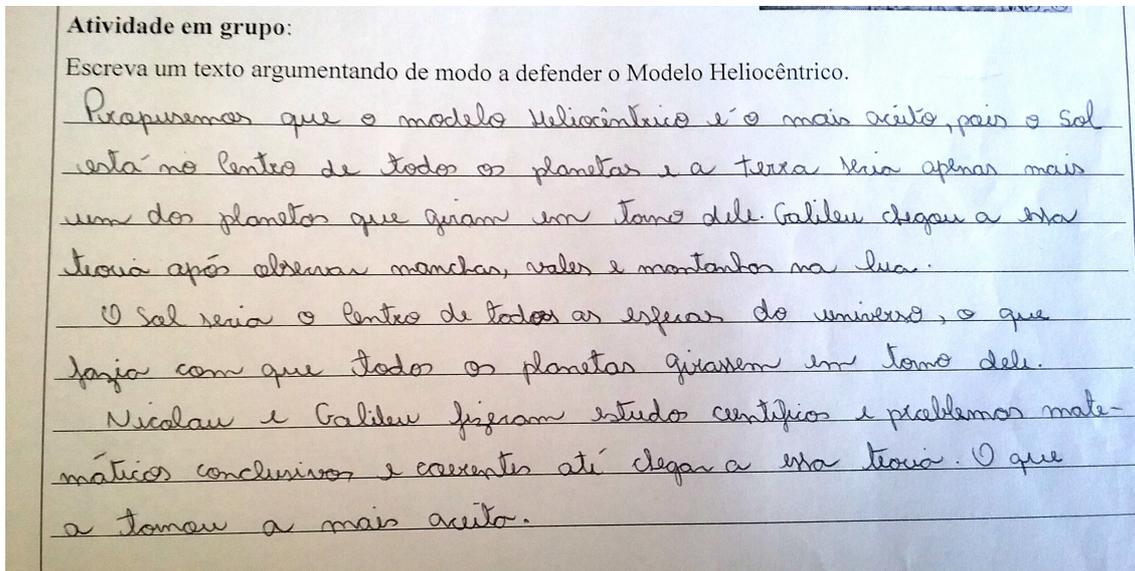
Escreva um texto argumentando de modo a defender o Modelo Heliocêntrico.

Agora falamos que o sol é o centro do universo e que a lua e a terra giram em torno dele e a terra é apenas um planeta. O modelo geocêntrico mostra que aquela 'história' de o objeto ter mais elementos terra é uma teoria pobre. Quando o elemento cai o que ocorre é a lei da inércia. Pensa que agora não usamos os principais usos do universo, muda muita coisa.

Transcrição do texto acima:

“Agora falamos que o sol é o centro do Universo e que a lua e a terra giram em torno dele e a terra é apenas um planeta. O modelo Geocêntrico mostra que aquela 'história' de o objeto ter mais elementos terra é uma teoria pobre. Quando o elemento cai o que ocorre é a lei da inércia. Pensar que agora não somos os principais seres do universo, muda muita coisa.”

O texto a seguir apresenta, de forma clara, um exemplo do tipo de reflexão que este trabalho busca gerar:



Transcrição do texto acima:

“Propusemos que o modelo Heliocêntrico é o mais aceito, pois o Sol está no centro de todos os planetas e a terra seria apenas mais um dos planetas que giram em torno dele. Galileu chegou a essa teoria após observar manchas, vales e montanhas na lua.

O Sol seria o centro de todas as esferas do universo, o que fazia com que todos os planetas girassem em torno dele.

Nicolau e Galileu fizeram estudos científicos e problemas matemáticos conclusivos e coerentes até chegar a essa teoria. O que a tornou a mais aceita.”

4.3 Análise da Terceira Aula – Defesa do Universo sem centro

Foi identificada, nesta etapa da aplicação do produto, uma grande necessidade de alteração e adaptação do material didático. Pois, durante a análise dos textos produzidos, se percebeu que, ao mesmo tempo em que diversos(as) alunos(as) aderiram à proposta, e apresentaram os conceitos de homogeneidade, isotropia e Universo sem centro com textos claros e análises pertinentes, outros não manifestaram a mesma adesão e não evoluíram conceitualmente como o esperado.

Registraram-se textos em que se revelam compreensão e autonomia no uso dos conceitos de homogeneidade e isotropia (embora a ideia de escala, necessária à observação dessas propriedades – homogeneidade e isotropia – no Cosmos, e apresentada no produto, não tenha se produzido no discurso). Estes conceitos costumam a representação de um universo sem centro, o que sugere sucesso na construção de conhecimento almejada a partir do material didático e da interação gerada em sala de aula.

Os(as) alunos(as) que não evoluíram conceitualmente apresentaram textos confusos, meras reproduções do material escrito fornecido na aula, ou mesmo uma evidente cópia de artigos encontrados na internet. Alguns textos trazem análises interessantes, mas apresentam falhas conceituais no que se refere ao Big Bang e à linha temporal de “nascimento” de astros ao longo da evolução do Universo.

Diante desta constatação, se inseriu, na proposta didática, a apresentação do primeiro episódio da série “Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo”, onde o calendário cósmico é apresentado de forma clara e bem ilustrativa. Pode-se optar por apresentar apenas trechos do episódio. Também se identificou a necessidade de trabalhar o conceito de inércia na etapa anterior da proposta didática. Para os(as) alunos(as) do primeiro ano, que não terão a aula seguinte, onde o efeito doppler merece melhor discussão, foi introduzido um resumo do mesmo ao final desta aula.

O texto abaixo, produzido na aula, segue como exemplo de uma não adesão à proposta didática.

Escreva um texto argumentando de modo a defender o Modelo Homogêneo e Isotrópico do Universo.

Observamos que o Sol é o centro do universo. E logo depois surgiu a teoria que massa atrai massa. A teoria de relatividade geral em que observamos as estrelas com o equipamento. Concluímos que o universo não tem centro, por diversos fatores como o Big Bang em que o planeta surgiu em um gigante explosão.

Transcrição do texto acima:

“Observamos que o Sol é o centro do Universo. E logo depois surgiu a teoria que massa atrai massa. A teoria de relatividade geral em que observamos as estrelas com equipamento. Concluímos que o Universo não tem centro, por diversos fatores como o Big Bang em que o planeta surgiu em um (uma) gigante explosão”

O texto a seguir ilustra uma evolução conceitual esperada.

Atividade em grupo:

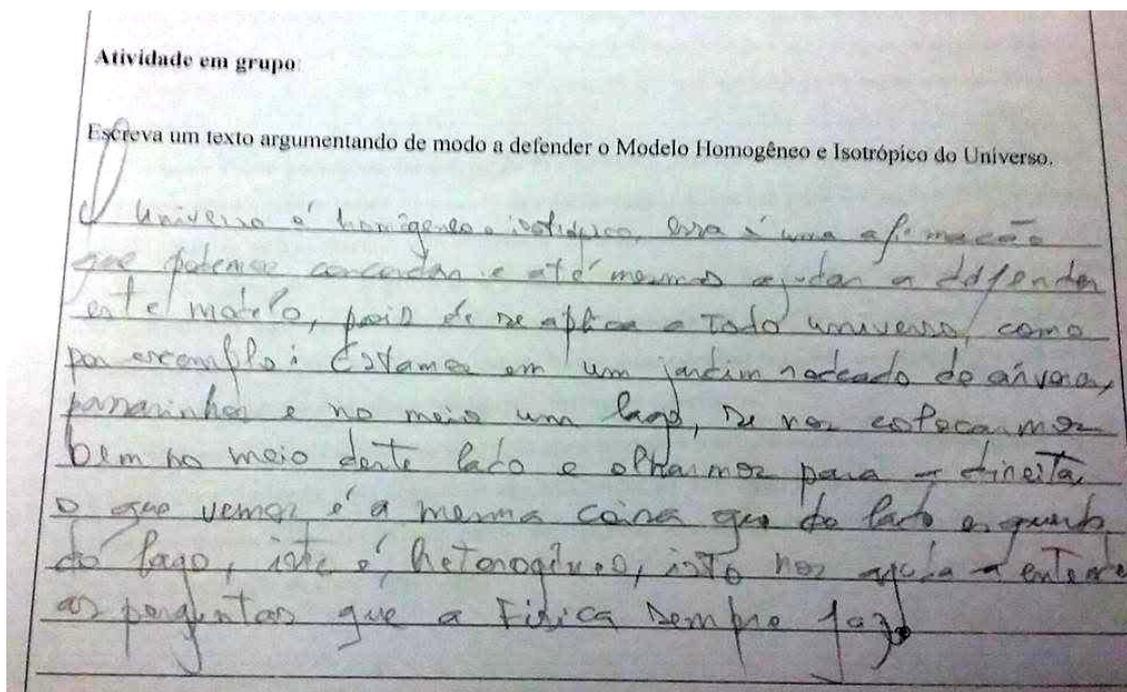
Escreva um texto argumentando de modo a defender o Modelo Homogêneo e Isotrópico do Universo.

Do longo dos séculos com muitos estudos de céus, muitos pesquisadores desenvolveram inúmeras teorias. Existem excelentes teorias a respeito do centro do universo, porém a predominante é que o universo é homogêneo e isotrópico, ou seja, não há centro. O Sol é uma estrela e no universo existem estrelas maiores e menores que ele e nenhuma delas é o centro. O universo não possui centro pois se você olha de qualquer eixo verá as mesmas características.

Transcrição do texto acima:

“Ao longo dos séculos com muitos estudos do cosmos, muitos pesquisadores desenvolveram inúmeras teorias. Existem excelentes teorias a respeito do centro do Universo, porém a predominante é que o Universo é homogêneo e isotrópico, ou seja, não há centro. O sol é uma estrela e no Universo existem estrelas maiores e menores que ele e nenhuma delas é o centro. O universo não possui centro pois se você olhá-lo de qualquer eixo você verá as mesmas características.”

No texto a seguir, a dupla de alunos(as) demonstra um avanço conceitual no que diz respeito à compreensão da noção de isotropia (embora se equivoquem com a terminologia), e menciona homogeneidade (sem, contudo, a desejada associação à noção de escala).

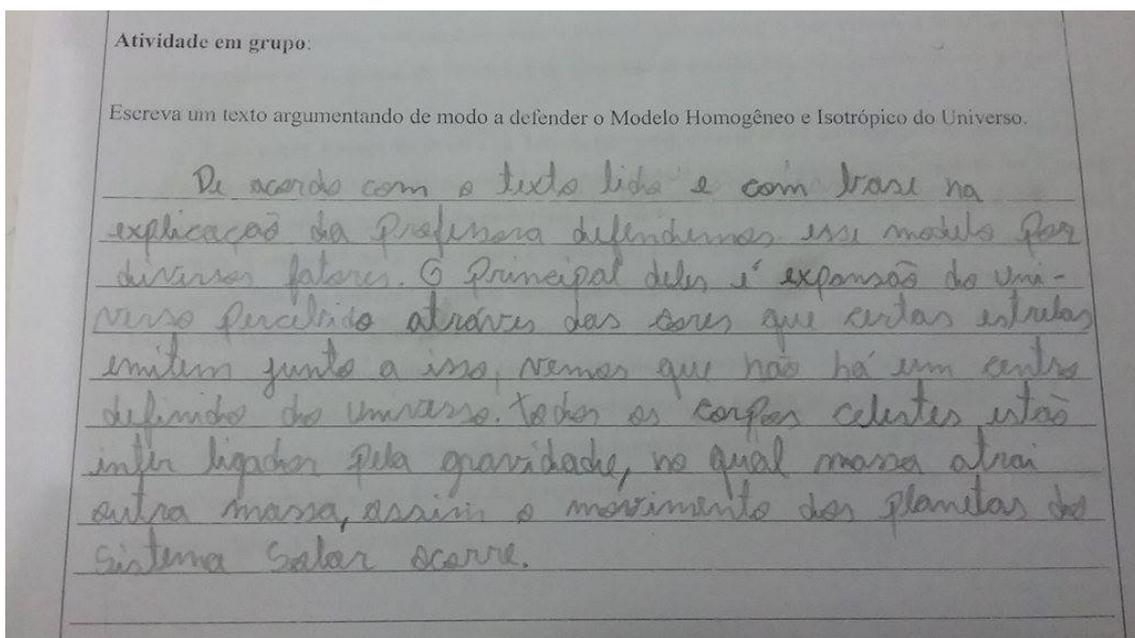


Transcrição do texto acima:

“O universo é homogêneo e isotrópico, essa é uma afirmação que podemos concordar e até mesmo ajudar a defender este modelo, pois ele se aplica a todo universo, como por exemplo: Estamos em um jardim rodeado de árvores, passarinhos e no meio um lago, se

nos colocarmos bem no meio deste lado (lado) e olharmos para a direita, o que vemos é a mesma coisa que do lado esquerdo do lado, isto é, heterogêneo (isotrópico), isto nos ajuda a entender as perguntas que a Física sempre faz.”

O texto a seguir é um bom exemplo de adesão à proposta didática e demonstra bom retorno da discussão, mesmo que sucinta e simplificada, do efeito Doppler .



Atividade em grupo:

Escreva um texto argumentando de modo a defender o Modelo Homogêneo e Isotrópico do Universo.

De acordo com o texto lido e com base na explicação da professora defendemos esse modelo por diversos fatores. O principal deles é expansão do universo percebido através das cores que certas estrelas emitem junto a isso, vemos que não há um centro definido do universo. Todos os corpos celestes estão inter ligados pela gravidade, no qual massa atrai outra massa, assim o movimento dos planetas do Sistema Solar ocorre.

Transcrição do texto acima:

“De acordo com o texto lido e com base na explicação da professora defendemos esse modelo por diversos fatores. O primeiro deles é expansão do universo percebido através das cores que certas estrelas emitem junto a isso, vemos que não há um centro definido do Universo. Todos os corpos celestes estão inter ligados pela gravidade, no qual massa atrai outra massa, assim o movimento dos planetas do Sistema Solar ocorre.”

4.4 Análise da Quarta Aula – Expansão Acelerada

Em função da alteração do calendário escolar, não foi possível a aplicação desta aula. Optou-se pela sua subtração, apresentando aos(as) alunos(as) a quinta aula, na qual se discute a evolução não monótona da construção do conhecimento, com a citação a Anaximandro, e o fechamento do módulo pela recriação do quadro “A Escola de Atenas”. Sendo assim, a proposta do debate de ideias não foi implementada.

4.5 Análise da Pesquisa

Os(as) alunos(as) de três turmas do Ensino Médio do Colégio Estadual Professor Murilo Braga, durante o quarto bimestre de 2015, realizaram, em casa, a pesquisa final que conclui a sequência didática que construímos. As análises e os resultados apresentados a seguir têm como objetivo avaliar o grau de adesão desse grupo de alunos(as) à presente proposta didática.

Foram entregues, no total, 52 pesquisas, que equivalem ao trabalho de 104 alunos(as). Deste total, observou-se que 4 trabalhos não continham qualquer citação a cientistas do gênero feminino, e 4 apresentavam um única citação, ainda que, no roteiro da atividade, houvesse a instrução de no mínimo duas citações de cientistas do gênero feminino. Cinco trabalhos foram avaliados de forma extrema, atribuindo-se nota zero, pois se resumiam a meras cópias de sítios da internet, cópias explícitas de outros trabalhos e/ou respostas que fugiam completamente à proposta apresentada.

A substituição dos filósofos do quadro original “A Escola de Atenas” por pelo menos duas cientistas que se identificam com o gênero feminino mereceu a bem sucedida interpretação mais ampla e inclusiva por uma dupla de alunos(as) que apresentou um personagem andrógono e negro em sua pesquisa, o compositor Shamir Bailey.

O nome de um policial, Adam dos Santos, foi incluído em três atividades distintas, claramente cópias entre si, o que me causou, inicialmente, grande estranheza. Mas, ao realizar a construção do quadro de referência, percebi que alguns personagens originalmente retratados eram reis ou militares, incluindo soldados, o que avaliza esse tipo de substituição, ainda que a correspondência específica, a substituição não tenha se associado ao personagem com históricos militares.

Foram encontrados na pesquisa dois personagens negros que se identificam com o gênero masculino, o cientista Carl Hart e o político Barack Obama. Já em relação ao gênero feminino, foram apresentadas mais citações de mulheres negras, como a filósofa Angela Davis, a escritora e poetisa Elisa Lucinda, a escritora Alice Walker, a compositora Shamir Bailey e a pintora Beatriz Milhazes.

Observa-se que um número reduzido de cientistas negros é apontado pelos(as) alunos(as) na proposta de substituição dos Filósofos. Evidencia-se, assim, a necessidade de uma reflexão mais profunda, por parte do(a) professor(a) e da comunidade escolar,

acerca da identidade e da auto-imagem dos(as) alunos(as) negros(as) no contexto de cientistas. É importante ressaltar que não pertencem ao grupo étnico-racial do qual faz parte a maioria dos alunos participantes dessa pesquisa: negro(a)s. Portanto, produzo essa reflexão sobre identidade racial como observadora externa, que reconhece as limitações de sua análise e a incompletude desse debate no ambiente escolar. De toda forma, entendo necessária e importante a discussão sobre essa ausência de representatividade de negro(a)s no contexto da atividade científica. Manifesto ainda meu profundo respeito pelas lutas dos movimentos negros do país que reivindicam a inclusão e a divulgação dos negros nos livros didáticos, livros literários, mídias, em papéis sociais diversos, para além do escravizado.

Ao avaliar e analisar todas as correspondências e respostas, reformulei o trabalho colocando paridade na pesquisa em relação às questões de gênero, alterando de cinco para seis o número de filósofos substituídos para a construção da nova escola de Atenas. Vale observar que o trabalho teria sido, provavelmente, muito mais proveitoso se tivesse sido feito conjuntamente em sala de aula, onde alguns de seus elementos, como a necessidade de se buscar cientistas pós-galileanos (ilustrando conexões inter-temporais na ciência), poderiam ser enfatizados durante a prática de pesquisa supervisionada.

Alguns personagens, classificados como metafísicos ou místicos, foram elencados pelos(as) alunos(as). Permanece a incerteza da correção de tais categorias, mas vale a ressalva de que, entre os filósofos representados na “Escola de Atenas”, havia aqueles a quem se poderia atribuir uma “carga mística” como o metafísico Rubén Cedeño. Naquele momento histórico, à ciência se permitia alguma superposição com religião ou o misticismo.

Nomes de Mulheres citadas	Número de repetições
Maria Gaetana Agnesi – Filósofa e Matemática	8
Ruth Barcan Marcus- Filósofa	6
Martha Nussbaum – Filósofa	5
Julia Kristeva – Filósofa	4
Elizabeth Anscombe – Filósofa	3
Mary Fairfax Somerville – Matemática e Astrônoma	3
Marie Curie – Física	3
Susanne Langer – Filósofa	3
Marie Sophie Germain - Matemática	2
Sarah Kofman – Filósofa	2
Beatriz Barbieri – Astrônoma	2
Emma Goldman – escritora	2
María Zambrano – Filósofa	2
Ida Noddack – Química	2
Nomes citados sem repetição	
Scarlett Marton – Filósofa	
Elisa Lucinda – Poetisa	
Mária Telkes – Cientista	
Raquel Taraborelli – Pintora	
Antonia Maury – Astrônoma	
Duília de Mello – Astrônoma	
Frida Kahlo – Pintora	
Johanna Dobereiner – Engenheira Agrônoma	
Maria Teresa Vaz Torrão Lago - Astrônoma	
Isabel Maria Gago - Engenheira	
Christine Hoff – Filósofa	
Cecília Meireles – Poetisa	
Ada Lovelace – Matemática	
Thalita Rebouças – Escritora	
Maria Mitchell – Astrônoma	
Lise Meitner – Física	
Rita Levi – Neurologista	
Rosalind Franklin – Biofísica	
Maria Mayer – Física	
Nise da Silveira – Médica	

Alice Walker – Escritora	
Christiane Nüsslein-Volhard – Bióloga	
Katia Cristina da Silva Souza - Matemática	
Juliana Pacheco Borges da Silva - Filósofa	
Gertrude Elizabeth Margaret Anscombe - Filósofa	
Angela Davis – Filósofa	
Ayn Rand – Escritora	
Hannah Arendt – Filósofa	
Rosa Luxemburgo – Filósofa	
Marquesa de Châtelet-Laumont - Matemática	
Caroline Lucretia Herschel - Astrônoma	
Beatriz Milhazes – Pintora	
Samanta Obadia – Filósofa	
Sandra Jatahy Pesavento - Historiadora	
Emily Warren Roebling - Engenheira	
Amalie Emmy Noether - Matemática	

Nomes de homens citados	Número de repetições
Isaac Newton – Físico	5
Grigori Perelman - Matemático	5
Stephen William Hawking - Astrônomo	4
Albert Einstein – Físico	3
Bento Prado Júnior – Filósofo	3
Nicolau de Cusa – Filósofo	3
René Descartes – Matemático	3
Gottfried Wilhelm Leibniz - Matemático	3
George Boole – Filósofo e Matemático	3
Bertrand Russell – Filósofo e Matemático	2
John Dewey – Filósofo	2
Donald Davidson – Filósofo	2
Isaiah Berlin _ Filósofo	2
Karl Marx – Sociólogo	2
Sartre – Escritor	2
Karl Popper – Filósofo	2
Sigmund Freud – Psicanalista	2
Bhaskara Akaria – Matemático	2
Daniel Dennett – Filósofo	2
Niels Henrik Abel - Matemático	2
Michel de Montaigne - Filósofo	2
Blaise Pascal – Filósofo	2
Andrew Wiles – Matemático	2
Nelson Goodman – Filósofo	2
Robert Nozick – Filósofo	2
Nomes citados sem repetição	
Kit Fine – Matemático	
James Murray – Matemático	
Manuel Antunes – Filósofo	
George Dickie – Filósofo	
Jack G. Hanson – Soldado	
Jean-Baptiste Debret – Pintor	
André Blondel – Físico	
Karl Jasper – Metafísico (Filósofo)	
Alfred North – Filósofo e Matemático	

Mario Sergio Cortella - Filósofo	
Daniel Lins – Filósofo	
Gelson Iezzi – Matemático	
Martinho Lutero – Teólogo	
Barack Obama – Político	
Jakob Bohme – Filósofo e místico	
Thomas Kuhn – Filósofo	
Ryle Gilbert – Filósofo	
Paul Ricoeur – Filósofo	
Gottfried Kirch – Astrônomo	
Joaquim Cardoso – Engenheiro	
Artur Ávila – Matemático	
Adib Jatene – Médico	
Rubens Rodrigues Torres Filho - Filósofo	
Johannes Kepler – Astrônomo	
Tomás de Aquino – Filósofo	
Jacob Bernoulli – Matemático	
Isaac Barrow – Matemático	
Rafael Bombelli – Matemático e Engenheiro	
Vladimir Arnold – Matemático	
Gaston Bachelard – Filósofo e poeta	
Simon Blackburn – Filósofo	
Gilberto Chierice – Médico	
Georg Wilhelm Friedrich Hegel - Filósofo	
Robert Grosseteste - Intelectual	
Ricardo Augusto Felício – Cientista do Clima	
Alberto Magno – Filósofo	
David Lewis – Filósofo	
Jacques Derrida – Filósofo	
Rudolf Carnap – Filósofo	
Avram Noam Chomsky – Linguista e Ativista Político	
Thomas Nagel – Filósofo	
Ned Block – Filósofo	
Leonardo da Vinci – Pintor, Escultor, Arquiteto, Inventor	
John Gray – Política	
Alfred Jules Ayer – Filósofo	

Norberto Bobbio – Filósofo	
Marcelo Gleiser – Físico	
Bernard Lewis – Historiador	
Carl Hart – Cientista	
Cristóvão Clávio – Matemático	
Barry Stroud – Filósofo	
Michel Onfray – Filósofo	
Søren Aabye Kierkegaard - Filósofo	
Santo Agostinho – Filósofo	
Picasso – Pintor	
Luis Fernando Veríssimo - Escritor	
Jaime Garcia Dias – Pintor	

Nomes inventados ou que não estão relacionados à ciência ou ainda que sejam pré-galileanos	Número de repetições
Hipátia de Alexandria – Astrônoma	4
Galileu Galilei - Astrônomo	4
Eugenio Bucci – Jornalista	3
Sarah Kayman – Filósofa	3
Adam dos Santos – Policial	3
Girolamo Cardano - Matemático	3
Vanessa Tuleski – Astróloga	3
Tales de Mileto – Filósofo	3
Nicolau Copérnico - Astrônomo	2
Temistocleia – Matemática	2
Rubén Cedeño - Metafísico	2
Aristóteles - Filósofo	2
Nomes citados sem repetição	
Petres Plancius – Cartógrafo	
Alexandre – Moral e ética	
Willard Luine – Filósofo	
Delélia Fernandes Mello - Astrofísica	
Tiago Dorea – Pesquisador da dedução da metafísica	
Eratóstenes – Matemático	
Cláudio Oliveira - ?	
Tartaglia - Matemático	
Demócrito - Matemático	
Safo - Escritora	
Enheduana - Filósofa	
Aristófanés - Escritor	
Platão - Filósofo	
Anaximandro - Astrônomo	
Conny Mendez - Metafísica	
Ivan Saraiva - Orador	

Capítulo 5

5.1 Conclusão

O principal objetivo deste trabalho foi prospectar, analisar e afetar a forma como alunos(as) do primeiro e do terceiro ano do Ensino Médio do colégio Estadual Professor Murilo Braga constroem seu conhecimento, admitindo este grupo como representativo do perfil do ensino médio em escola pública. Na dinâmica desta experiência, elabora-se e aprimora-se uma sequência didática onde os(as) alunos(as) possam se sentir partícipes da História e da Filosofia da Ciência.

De um ponto de vista mais amplo, o presente trabalho pretende fornecer subsídios teóricos e duas versões de um material didático para professores de Física atuantes no Ensino Médio. Esta proposta poderá ser reproduzida livremente e, da mesma forma, readaptada pelos docentes que decidirem utilizá-la.

A interação com os(as) alunos(as) já permite a revisão de alguns elementos do texto das aulas. Optou-se, aqui, por uma avaliação qualitativa do trabalho realizado, sem a preocupação com a construção de tabelas estatísticas ou modelos para representar a eventual autonomia dos(as) alunos(as) sobre o conteúdo discutido.

Em função de uma temporária licença médica da docente, o número de aulas do bimestre escolhido para a aplicação da proposta didática ficou reduzido, impedindo que se completasse a sequência prevista. O quarto encontro não pode ser realizado e o quinto encontro foi unificado ao terceiro, com a pesquisa sendo realizada em casa, em substituição à aplicação de uma avaliação escrita/prova.

Verificou-se ao longo desta primeira aplicação do produto que, para os(as) alunos(as) do terceiro ano, que apresentam, em comparação a seus colegas do primeiro ano, uma maior maturidade conceitual e maior facilidade na escrita, as duas primeiras aulas, onde se argumenta sobre e definem-se os modelos Geocêntrico e Heliocêntrico, podem ser realizadas em um único encontro. A facilidade na escrita, no caso específico das turmas participantes, se dá pelo fato dessas turmas terem cursado a disciplina de Produção Textual, o que confere ao processo a familiaridade com a expressão de ideias.

Entre os registros de dificuldades, vale mencionar a ausência de referência, nos textos dos estudantes, ao conceito de escala, cuja construção foi reforçada em vários momentos do texto da aula em que a ideia de expansão do Universo é abordada. Os

textos apresentados pelos(as) alunos(as) sequer mencionaram tal noção, indispensável à verificação das propriedades de homogeneidade e isotropia no modelo cosmológico consensuado.

Diversos(as) alunos(as) apresentaram reclamações em relação à quantidade de material de leitura, o que sugere que estes, em que pese a constante produção de textos, não receberam, até então, um estímulo forte à leitura. Mesmo diante das queixas, os textos foram mantidos, pois entende-se que o aprendizado pode se dar com o enfrentamento de inconformidades - incômodos frutíferos – de modo que se produzam superações, e a leitura dos textos foi percebida nessa categoria de esforço emancipador.

Ressalta-se, ainda, que a atividade final, que propôs a substituição dos filósofos por três personagens que se identificassem com o gênero feminino, resultou desatendida em diversos trabalhos, que negligenciaram esta condição, apresentando número menor de mulheres ou simplesmente não considerando nenhuma na substituição. Este registro permite concluir que mesmo em 2016, no Brasil, a reflexão sobre a necessidade de paridade e representatividade de gênero produz resultados muito aquém do esperado.

Faz-se, desta forma, imprescindível a apresentação, pelo(a) professor(a), em todo momento, de cientistas mulheres ou de pessoas que se identificam com o gênero feminino em situação de protagonismo na construção do fazer científico. É evidente que a representação feminina não se apresenta de forma espontânea em nossa sociedade.

Vários cientistas citados não são personagens que aparecem de forma automática em pesquisas na internet, o que, pôde-se apurar, indicou ter havido, por parte dos(as) alunos(as), uma consulta à professora de Sociologia, que também é citada na substituição dos representados na “A nova escola de Atenas”. Verifica-se, assim, o valioso resultado de ter-se proporcionado trabalho em conjunto com outra disciplina, o que aqui se preconiza como essencial para o bom andamento do material proposto.

Apesar da constatação de que a maioria dos(as) alunos(as) do colégio estadual, onde o presente estudo foi realizado é composta por negros(as), poucos cientistas negros foram escolhidos para a substituição dos filósofos na atividade final. A apresentação do quadro “A escola de Atenas” onde todos os personagens são brancos e a baixa incidência, em materiais de divulgação, de personagens representativos de homens e mulheres negros na ciência acabaram induzindo esta resposta dos alunos. Torna-se fundamental, então, na missão do(a) professor(a), apresentar documentários em que se identifiquem cientistas famosos(as) negros(as). Espera-se estimular, com isto, valorização na auto-imagem, empoderamento e sentimento de representatividade, elementos essenciais e

desejáveis no universo afetivo dos(as) alunos(as).

Foi constatado que, mesmo sem uma objetiva e concreta concertação interdisciplinar, os(as) alunos(as) realizaram, ao perceberem espontaneamente a condução histórica e filosófica da proposta, uma consulta à professora de Filosofia na atividade de pesquisa final. Esta bem-vinda iniciativa motivou, na construção da metodologia, a reflexão acerca do conceito de interdisciplinaridade e de como sua prevalência teria sido enriquecedora para o aprendizado significativo.

Fica aqui, então, a auto-crítica acerca deste ponto, e o compromisso da adição dessa interação, de forma planejada, numa aplicação futura. De fato, deve-se reconhecer que a interdisciplinaridade não foi aplicada até o presente momento na sugerida proposta didática. Em que pese ter havido um diálogo preliminar, mas promissor, com a professora de Língua Portuguesa, este se deu sem qualquer estruturação e sem a correspondente elaboração do domínio de convergência para essa interação.

Em função do que foi analisado nos textos produzidos nas aulas, o material didático sofreu diversas alterações e inserções de novos argumentos físicos. Foi necessário contextualizar o diagrama ilustrativo do Efeito Doppler no material apresentado ao primeiro ano. A Lei da Inércia, em sucinta análise, foi incluída num último momento, dado que diversos textos demonstraram a necessidade desta explicação prévia para a introdução do tema da Relatividade Geral. O número de cientistas pesquisados para a substituição de filósofos na Nova Escola de Atenas e a medida da paridade de gênero foram alterados ao longo da aplicação e construção da proposta.

A adoção de uma metodologia de aula onde a história e o desenvolvimento da ciência são abordados revelou-se promissora, pois verificou-se uma evolução conceitual nos(as) alunos(as), uma maior compreensão dos conteúdos trabalhados, um despertar da curiosidade, a desmitificação da ciência, a iniciativa em direção à interdisciplinaridade e a compreensão pelo(a) aluno(a) de seu papel como sujeito histórico e transformador de seu tempo.

O produto didático contribuiu para motivar os(as) alunos(as), humanizar a ciência – e conseqüentemente a Física, demonstrar sua mutabilidade em relação a paradigmas, e revelar que a Física é uma ciência cujos fundamentos interagem e reagem ao momento político, histórico e social onde se assentam.

5.2 Perspectivas

Entende-se que as alterações que se demonstraram necessárias foram implementadas, mas que há outras que ainda virão a ser diagnosticadas. Contudo, produziu-se um corte para definir o material didático contido nesta proposta. A expectativa que aqui se carrega é a de que o material deverá ser readaptado a cada nova aplicação, pois é primordial e definidora a interação deste com o conjunto de alunos(as), reconstituindo-se o percurso didático em função das respostas apresentadas por cada grupo, presumivelmente diferentes e singulares.

O ensino de História e Filosofia da Ciência e da Natureza da Ciência não se propõem e não se sustentam como um glossário de informações adicionais composto meramente por datas e registros prosaicos de personagens da Ciência. Defende-se aqui que se integrem aos conteúdos já listados nos planejamentos sugeridos aos(as) professores(as) do ensino médio. Não devem constituir uma adição à lista, já longa, dos conteúdos que definem disciplinas curriculares.

Representam, deste modo, uma nova forma de construir a linha argumentativa para o trabalho de qualquer conteúdo onde o panorama histórico pode ser apresentado. Busca-se dar materialidade à perspectiva em que o ensino de história e filosofia da Ciência esteja integrado à forma como o(a) professor(a) irá abordar qualquer conteúdo.

Como extensão deste trabalho, propõe-se a construção de diversas propostas didáticas de como se trabalhar Física Contemporânea no Ensino Médio em uma perspectiva crítica consubstanciada por perguntas motivadoras, a partir das quais se convida alunos(as) à análise crítica de elementos de conteúdo da Física clássica/convencional, entregando-lhes o protagonismo de construir o cenário em que o novo/contemporâneo consenso se produz. Projeta-se, assim, estender este trabalho a outros conteúdos.

O aprofundamento do trabalho apresentado nesta dissertação indica, portanto, a propriedade de buscar metodologias que permitam integrar o estudo da Filosofia e História da Ciência à discussão dos conteúdos de Física no Ensino Básico. Este desafio de construir metodologia e produzir respectivo material em cenário mais amplo da transposição didática na Física Contemporânea define linha de pesquisa em ambiente de Doutorado em Ensino de Física.

Apêndice I

Plano de Aula Primeiro Ano do Ensino Médio

Apêndice II

Plano de Aula Terceiro Ano do Ensino Médio

Referência Bibliográfica

ALMEIDA, L. C.; COSTA I.; FERNADES H. S.; FRANÇA S. P. S.; PINHEIRO, J. A. P. R. . **Os Espaços de Educação Formal x Alfabetização Científica: possibilidades e obstáculos.** In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luís. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007.

ALMEIDA, L. C.; COSTA I.; FERNADES H. S.; FRANÇA S. P. S.. **O Processo de Alfabetização Científica na Perspectiva da Extensão Universitária.** In: 3 Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, Florianópolis, 2006.

ALMEIDA, L. C.; BRUNO, R.; COSTA, E. V.; COSTA, I.; FRANÇA S. P. S.. **Parceria UFF-Escola Básica: contribuições para a licenciatura em Física.** In: Neiva Santos Masson Fernandes; Rejany dos S. Dominick; Sueli Camargo. (Org.). Formação de Professores: projetos, experiências e diálogos em construção. 1ed.Niterói: EdUFF Editora da Universidade Federal Fluminense, 2008, v. 1, p. 29-39.

ARENDT, H. **A vida do espírito: o pensar, o querer, o julgar.** 5⁰ Edição. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002. 392 p.

ALVES FILHO, J. P.; PINHEIRO, T. de F.; PIETROCOLA, M. **A eletrostática como exemplo de transposição didática.** In: PIETROCOLA, Maurício. (Org.). Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. 2 ed. rev., Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005, p.77-99.

BALTHAZAR, W. F.; DE OLIVEIRA, A. L.. **Uma proposta para ensinar física moderna e contemporânea no ensino médio: o LHC e o uso da abordagem CTS e HFC.** Ciência e Sociedade, v. 001/09, p. CBPF-CS-001/09, 2009.

BATISTA, R. S.; SILVA, L. M.; SOUZA R. R. M.; PIRES-DO-PRADO, H. J.; SILVA C. A.; FONSECA, G. R. S. ; DE OLIVEIRA, A. L.; HELAYËL-NETO J. A.. **Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente**. Ciência e Educação (UNESP. Impresso), v. 16, p. 479-490, 2010

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, DF: Secretaria de Educação Fundamental, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em: 21 de junho de 2016.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: Ensino Médio, DF: Secretaria de Educação Fundamental, 2000.** Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2016.

_____. **PCN+ - Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Física. Brasília, DF: Secretaria de Educação Fundamental, 2000.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 21 de junho de 2016.

_____. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002b.

BORNHEIM, G. A. (org). **Os Filósofos Pré-Socráticos**. São Paulo: Editora Cultrix, 2000. 128 p.

CALDEIRA, M.S. **A apropriação e a construção do saber docente e a prática**

cotidiana. Cadernos de Pesquisa nº 95, São Paulo, nov. 1995, p. 5-12.

DELIZOICOV, D. **Ensino de Física e a concepção freiriana da educação.** Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a19.pdf>>. Acesso em 21 de junho de 2016.

ÉVORA, F. R. R. **Natureza e Movimento: um estudo da física e da cosmologia aristotélicas.** Cad. Hist. Fil. Ci., Campinas, série 3, v15, n. 1, p 127-170, jan. -jun. 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. **Pedagogia do Oprimido.** 46. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 2005.

FRIGOTTO, G. **A Interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais.** In: BIANCHETTI. L. , JANTSCH. A. Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito. Petrópolis: Vozes. 1995 a . p. 20- 62.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. **Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 28, n. 1: p. 27-59, abr. 2011.

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

HARTMANN, Â. M.; ZIMMERMANN, E. **O trabalho interdisciplinar no Ensino Médio: A reaproximação das “Duas Culturas”.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, São Paulo, vol. 7, n.2, 2007.

JAMMER, M. **Conceito de espaço: A história das teorias do espaço na Física.** Contraponto Editora Ltda, Editora PUC Rio, 2011.

LEITE, R. C. M.; FEITOSA, R. A. **As contribuições de Paulo Freire para um Ensino de Ciências Dialógico.** Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiienpec/resumos/R0753-1.pdf>>. Acesso em 21 de junho de 2016.

LUCKESI, C. C.. **O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem?** Revista Pedagógica Pátio, Porto Alegre, ARTMED, ano 4, n. 12, fev. 2000. p. 6-11.

MARTINS, A. F. P. **História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho...** Caderno Brasileiro Ensino de Física. (2007). 24 (1), p. 112-13.

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

MENEGOTTO, J. C.; FILHO, J. B. R. **Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 7 No2, 2008.

MORAES, A.; FREITAS, J.; REIS, J. C.; BRAGA, M. **A interdisciplinariedade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 32-46, abril. 1998.

MORAIS, A.; GUERRA, A. **História e a filosofia da ciência: caminhos para a**

inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. Revista Brasileira de Física, Florianópolis, v. 35, n. 1, p. 1502-1-1502-9, 2013.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** 2^o Edição. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária LTDA, 2011. 243 p.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. (2006). **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel.** 2^o Edição. São Paulo: Centauro, 2011. 111 p.

NASCIMENTO, V. B. **A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências.** In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 35-57.

PEDUZZI, L. O.; ZYLBERSZTAJN, A.; & Moreira, M. A. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(4), 239-246, 1992.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. **A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 4, 4601, 2008.

PORTO, C. M. **A Física de Aristóteles: uma construção ingênua?** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, N^o 4, 4602, 2009.

ROSA, C. T. W.; ROSA, Á. B. **A teoria histórico-cultural e o ensino da física.** *Revista Iberoamericana de Educación.* (ISSN: 1681-5653). Disponível em: <<http://www.rieoei.org/delosle>>. Acesso em 29 de abril de 2015.

REGNER, A. C. K. P. **Feyerabend e o pluralismo metodológico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 13, nº 3, p. 231-247, 1996.

REZENDE, F.; BARROS, S. S. **Teoria aristotélica, teoria do Impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de Física em Mecânica básica**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, n. 1, p. 43-56, 2001.

SILVA, Í. B; TAVARES, O. A. O. **Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem da física**. *HOLOS*, 1, 4-12, 2007.

VEDANA, M. S; SOUZA, S. C. (2009). **A relação entre o discurso científico e os níveis do saber na transposição didática**. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/701.pdf>. Acesso em 01 de julho de 2016.

VERNANT, J. P. **A Origem do Pensamento Grego**. Rio de Janeiro: Difel. 2002. 143 p.

VILAS BOAS, A; SILVA, M. R; PASSOS, M. M; ARRUDA, S. **História da Ciência e Natureza da Ciência: Debates e Consensos**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.30, n.2, p. 287-322, 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.