CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROBLEMATIZANDO A REALIDADE DOS MODELOS NA CIÊNCIA EM SALA DE AULA

Carlos Eduardo Rosas de Toledo

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

Orientador:

Marco Antonio Barbosa Braga

Rio de Janeiro

Maio de 2014

PROBLEMATIZANDO A REALIDADE DOS MODELOS NA CIÊNCIA EM SALA DE AULA

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

Carlos Eduardo Rosas de Toledo

Aprovada por:

_____

Presidente, Prof. Marco Antonio Barbosa Braga, D.Sc. (orientador)

_____

Profª. Andreia Guerra de Moraes, D.Sc.

_____

Prof.ª Thais Cyrino de Mello Forato, D.Sc. (UNIFESP)

Rio de Janeiro

Maio de 2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

T649 Toledo, Carlos Eduardo Rosas de
Problematizando a realidade dos modelos na ciência em sala de aula / Carlos Eduardo Rosas de Toledo.—2014.
x, 70f. : il.color. , grafs. , tab. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2014.
Bibliografia : f. 69-70
Orientador : Marco Antonio Barbosa Braga

1. Ciência – História. 2. Ciência – Filosofia. 3. Física – estudo e ensino. 4. Realismo científico. 5. Ambiente de sala de aula. I. Braga, Marco Antonio Barbosa (Orient.). II. Título.

CDD 501

Agradecimento

Agradeço à minha avó por toda a preocupação com cada dia do meu Mestrado e ao carinho dedicado. À minha mãe pela educação que me deu, tornando-me um homem que pode caminhar com os próprios pés. À Danielle Martins pelas horas de paciência me ouvindo dizer que não iria conseguir e mesmo assim me incentivando a continuar.

Agradeço ao Centro Educacional da Lagoa e seus dirigentes por terem aberto as portas para que essa dissertação acontecesse.

Agradeço ao meu orientador, Marco Braga, pelas longas horas de conversa que me encaminhavam ao objetivo certo, sem considerar o fato de acreditar no meu potencial profissional.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação através dos professores Álvaro Chrispino, Andreia Guerra, José Claudio Reis, Renilda Barreto e Glória Queiroz.

RESUMO

PROBLEMATIZANDO A REALIDADE DOS MODELOS NA CIÊNCIA EM SALA DE AULA

Carlos Eduardo Rosas de Toledo

Orientador:

Marco Antonio Barbosa Braga

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

O Ensino de Física está carregado de um amontoado de fórmulas e exercícios vazios epistemologicamente. Por isso, essa dissertação tem uma proposta de utilizar uma abordagem da História e Filosofia da Ciência para complexificar visões dos alunos sobre temas específicos da Natureza da Ciência. O tema questiona a realidade dos Modelos na Ciência através da controvérsia filosófica do Realismo e Antirrealismo Científico. A pesquisa foi programada para ocorrer em curso extraclasse em uma escola da rede particular do Rio de Janeiro/Brasil, na qual em quatro módulos, com temáticas bem específicas, discussões sobre o tema principal foram conduzidas. A pesquisa procurou verificar se essa abordagem da História e Filosofia da Ciência conseguiu aprofundar e complexificar a visão de ciência dos alunos.

Palavras-chave:

Natureza da Ciência; Modelos; Realismo e Antirrealismo Científico

Rio de Janeiro

Maio de 2014

ABSTRACT

PROBLEMATIZING THE REALITY OF MODELS IN SCIENCE IN THE CLASSROOM

Carlos Eduardo Rosas de Toledo

Advisor:

Marco Antonio Barbosa Braga

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master.

The teaching of Physics is loaded with a bunch of formulas and epistemologically empty exercises. Therefore, this thesis is a proposal to use an approach of History and the Philosophy of Science for complexifying the views of students on specific topics of The Science of Nature. The theme questions the reality of the Models in Science through the philosophical controversy of Realism and Scientific anti-realism. The research was scheduled to occur in an extracurricular (?) course in a private high school in Rio de Janeiro / Brazil, in which four modules, with very specific topics, discussions about the main theme were conducted. The research sought to determine whether this approach to the history and philosophy of science could deepen and complexify the vision of science of the students.

Keywords :
Nature of Sciense; Models; Realism and Anti-realism

Rio de Janeiro
May, 2014

Sumário

Introdução 1

I - Marco Teórico 3

I.1- Registros e Observações na Ciência 3

I.2- Modelos na Ciência 5

I.3- Entidades Inobserváveis ou Teóricas 10

I.4- Realismo e Antirrealismo no Ciência 13

II - Metodologia 19

II.1- Avaliação 19

II.2- Módulos 23

II.2.1- Módulo 1 23

II.2.2- Módulo 2 24

II.2.3- Módulo 3 31

II.2.4- Módulo 4 33

III – Resultados 40

III.1- Modelos 40

III.2- Realismo x Antirrealismo 53

Considerações Finais 67

Referências Bibliográficas 69

LISTA DE FIGURAS

Figura I.1: LHC 4
Figura I.2: Modelos 6
Figura I.3: H_2O 7
Figura II.1: Avaliação 19
Figura II.2: Foto 1 23
Figura II.3: Foto 2 24
Figura II.4: Foto 3 25

LISTA DE TABELAS

Tabela I.1: Modelos 9
Tabela III.1: Categorização das Respostas 56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico III.1: Respostas 1 53
Gráfico III.2: Respostas 2 53
Gráfico III.3: Respostas 3 56
Gráfico III.4: Respostas 4 56

INTRODUÇÃO

Toda dissertação é localizada em um espaço e tempo determinado. Essa, da mesma forma, localiza-se em um momento em que, a meu ver, o Ensino de Física na escola básica está no caminho para a transformação. Os caminhos estão sendo apontados, porém pouca coisa se modificou na sala de aula. Uma barreira resistente do tradicionalismo inercial e pragmático parece intransponível. Essa trincheira que protege o professor não atende a realidade do mundo atual.

O volume alto de conteúdos é uma forma de garantir um bom ensino de ciências no ensino básico? Esse debate foi proposto por cientistas e educadores americanos no desenvolvimento de um projeto chamado “Projeto 2061” ocorrido nos Estados Unidos na década de 80 do século XX.

Na ocasião da passagem do cometa Halley, os educadores americanos quiseram estabelecer quais os conteúdos fundamentais para uma boa educação em ciências. No final do levantamento, o volume de conteúdos era maior do que o já trabalhado nas escolas. Dessa forma, a conclusão do projeto foi de que, mais do que conteúdos específicos de cada ciência, os alunos deveriam aprender competências e habilidades referentes ao processo de construção do conhecimento científico, além da visão de mundo da ciência (Rutherford & Ahlgren, 1985).

A Natureza da Ciência foi apresentada como um dos pontos importantes para alcançar tal objetivo no ensino. Dentro dessa visão, essa dissertação tem como objetivo dar ferramentas aos alunos para o melhor entendimento do que é ciência. Entretanto, não faz parte dela “ensinar” o que é ciência, mas sim complexificar a visão dos alunos. A História e Filosofia da Ciência devem trazer elementos para que esses alunos e os professores possam pensar a ciência.

Pela Natureza da Ciência, os alunos e professores devem compreender que a ciência opera através de modelos, que são construções e não verdades últimas da natureza. Se os modelos são verdadeiros ou não é a discussão da controvérsia filosófica do Realismo e do Antirrealismo Científico (Braga, Guerra e Reis, 2012).

No entanto, qual o motivo de utilizar o debate do Realismo e do Antirrealismo nos modelos da ciência? Primeiramente, o debate é um problema em aberto para cientistas e filósofos. A ciência apresentada nas escolas é a ciência do “certo ou errado”. Logo, introduzir a controvérsia é um caminho para quebrar essa visão e inserir os estudantes no mundo da ciência. O segundo ponto é mostrar que a ciência é uma construção. Os cientistas não

descobrem a ciência. A natureza é uma caixa fechada, assim como a primeira atividade dessa dissertação (Braga & Guerra, 2012).

Ensinar ciências dessa forma é para todos os alunos, tanto interessados em ciências/tecnologias como em humanas:

- Para um aluno da área de humanas, a abordagem deve dar uma ferramenta para ele compreender melhor o mundo que vive. A abordagem dessacraliza a visão de uma ciência detentora de verdades inquestionáveis. Isso é mais que formar a cidadania, é ajudá-lo a pensar as questões essenciais da vida (de onde viemos, quem somos e para onde vamos?).

- Para o aluno interessado em ciência/tecnologia, a abordagem dá outras ferramentas, além das acima mencionadas, para ele aprender a trabalhar com os problemas científicos. Em conclusão, o aluno deve perceber que fazer ciência é construir modelos, sejam eles teóricos, matemáticos, experimentais, etc.

Dessa forma, o objetivo principal da pesquisa é responder a seguinte pergunta orientadora: **"A introdução de uma controvérsia filosófica como a do 'realismo x antirrealismo' dos modelos científicos poderia auxiliar na complexificação da visão de ciência dos alunos?"**

A pesquisa foi realizada durante o desenvolvimento de quatro módulos educacionais, de 1h 40min cada, em aulas no contraturno para alunos interessados do 2º. Ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada do Rio de Janeiro/Brasil.

Para responder ao questionamento principal da dissertação, além do próprio curso, foram aplicados questionários abertos e objetivos, em conjunto a pesquisa qualitativa das aulas.

Essa dissertação apresenta-se da seguinte forma: no primeiro capítulo é apresentado o corpo teórico sobre os temas abordados; no capítulo dois é exposta a metodologia do curso, assim como a descrição dos módulos do curso; no capítulo três os resultados são exibidos; e no capítulo quatro são feitas as considerações finais.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

O ensino de física está imerso em um amontoado de fórmulas e matematicismos sem significado nenhum para o aluno, muitas vezes até para o professor. Compreendemos que não é possível entender a física sem a matemática, porém não podemos reduzir o ensino a somente isso.

Essa abordagem, que tem suas qualidades, gera uma impressão de que as coisas "surgem" na ciência, que a história da física é escrita por gênios que inventam o que estudamos hoje e que não existe um processo complexo de sua construção. As controvérsias histórico-científicas ficam esquecidas. Os debates filosóficos da ciência são omitidos, pois a ciência ensinada não deve ser questionada. Enquanto que dentro da história da ciência, e até mesmo na ciência atual, os entraves filosóficos estão presentes.

Esses debates filosóficos são esquecidos até mesmo no discurso de alguns cientistas, sendo ressaltado aqui a não generalização dessa afirmação. Dentro da divulgação científica, muitas vezes não especializada, o discurso de verdade da ciência é axiomático. Assim, quando a um aluno é exposto um fato científico este não é problematizado. Dessa forma, este capítulo deve ser um marco teórico para a problematização apresentada nessa dissertação.

I.1 REGISTROS E OBSERVAÇÕES NA CIÊNCIA

A ciência é composta de conclusões temporais que são obtidas por registros de fenômenos. Esses registros podem ser obtidos através de várias formas, utilizando tecnologias ou apenas os sentidos humanos. Um exemplo relevante são os resultados obtidos pelos detectores localizados no LHC (*Large Hadron Collider* - Grande Colisor de Hádrons) dentro CERN (*Centre Européen pour la Recherche Nucléaire* – Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear) – figura I.1.

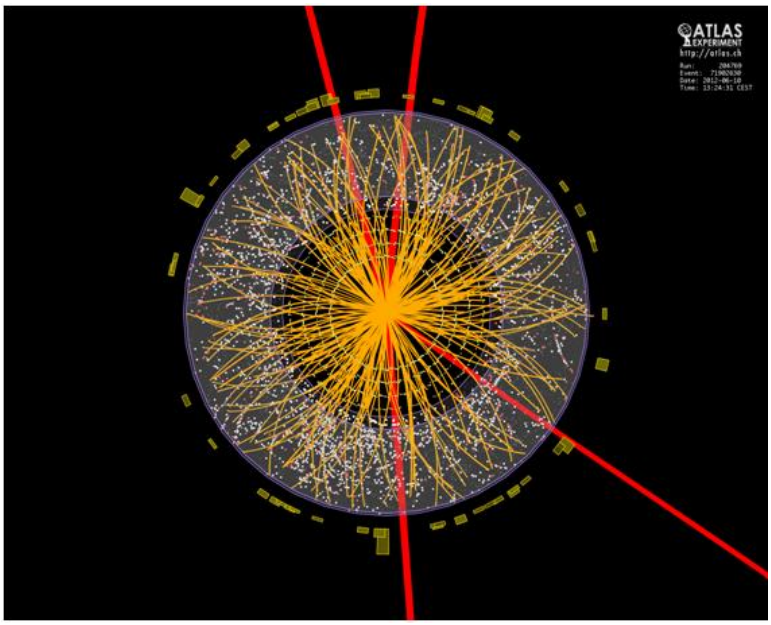


Figura I.1[1]

De uma forma extremamente complexa, as imagens e medições feitas nos detectores do LHC são um simples registro de um evento. Sendo assim, não estamos observando diretamente o fenômeno por ele estudado, mas sim uma fotografia gerada a partir de interpretações dos dados que ocorre no computador.

Semelhantemente, quando observamos o experimento de uma câmara de nuvens (câmara de Wilson) não observamos diretamente as partículas radioativas que saem da fonte ativa. Estamos vendo um rastro de vapor condensado deixado por essa partícula. Usando uma analogia, quando olhamos para o céu e vemos um rastro de nuvem em formato linear afirmamos que ali tem um avião, mesmo não o vendo. Entretanto, nossas observações não são neutras. Cada declaração de observação é carregada de teoria (Hacking, 1983).

O filósofo da ciência Ian Hacking dedica parte da sua obra para falar sobre observação. Ele destaca dois pontos relevantes sobre a observação na ciência: i) Observações são dados, grandes experimentos podem ter pobres observações, a observação é a menor parte do experimento e sua função é fornecer dados para testar a teoria; ii) Experimentos substituem observações brutas (Hacking, 1983).

As observações são uma herança do positivismo. Antes do positivismo, ela não era central. No início, com Francis Bacon, observações eram para os corpos celestes, e estavam associadas à utilização de instrumentos. Bacon utiliza muitos objetivos para observação, entre eles a motivação para testar uma teoria (Hacking, 1983).

[1] Fonte: Atlas, Collaborations. Disponível em: http://cds.cern.ch/record/1459496/files/run204769%20evt71902630.png – Acesso em 02/04/2013.

O positivismo é contra causas, contra explanações, contra entidades teóricas e contra metafísica. O real é restrito ao observável. Com a realidade observável o positivista pode fazer o que quiser com o resto. Agora o que fazer com o resto varia caso a caso. Positivistas como Comte, Mach, Carnap, van Fraassen insistem que há uma distinção entre a teoria e a observação. Assim, tornam o mundo livre da metafísica. (Hacking, 1983).

Feyerabend minimiza a distinção entre teoria e observação. Ele sugere que "há um tipo de caminhão observacional a qual a componente teórica é carregada. Não há caminhão. A teoria está em toda parte." (Feyerabend *apud* Hacking, 1983).

Considerando uma simplificação, normalmente para ligar a teoria à observação são utilizados modelos. Esses modelos são fundamentais para a ciência, principalmente quando eles representam entidades e/ou fenômenos inobserváveis.

I.2 MODELOS NA CIÊNCIA

A ciência moderna é construída por muitos modelos devido seu caráter de generalização. Nas sociedades pré-industriais crença, opinião e conhecimento pré-teórico eram suficientes (Bunge, 1974 *apud* Pietrocola, 1999).

Bunge apresenta que "*o caráter teórico do conhecimento torna-se medida de progresso científico, mais do que o volume de dados empíricos acumulados. Tal progresso seria medido pela capacidade de áreas científicas em apreender o real teoricamente.*" (Bunge *apud* Pietrocola, 1999).

Dessa forma, para Bunge:

> *"Os modelos são abordados na medida em que se procura relações entre as teorias e os dados empíricos. Estes são os intermediários entre as duas instâncias limítrofes do fazer científico: conceitos e medidas. Ao longo de todo seu trabalho ficará claro que, embora de fundamental importância, as teorias por si só nada valem no contexto científico, pois sendo abstrações produzidas por nossa razão e intuição não se aplicariam a priori às coisas reais. Por outro lado, os dados empíricos apesar de mais próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar conhecimento. Desta aparente dicotomia entre teórico e empírico, é introduzida a modelização como instância mediadora." (Bunge, 1974 apud Pietrocola, 1999).*

A palavra modelo é polissêmica. Por isso, neste trabalho utilizaremos a definição apresentada por Chamizo Guerreiro:

> *"Os modelos (**m**) são representações, baseadas geralmente em analogias, que se constroem contextualizando certa porção do mundo (**M**) com um objetivo específico." (Guerreiro, 2010 – tradução livre).*

Essa definição contém muitas palavras importantes. O próprio autor ressalta que:

> *"(...) as representações são fundamentalmente ideias, embora não necessariamente já que também podem ser objetos materiais. (...) As representações são de alguém (de uma pessoa ou grupo, geralmente este último) que as identifica como tais. Uma analogia está constituída por aquelas características ou propriedades que sabemos similares em **m** e **M**. Que se constroem contextualizando remete a um tempo e lugar historicamente definido, o que também se aproxima à representação; certa porção de mundo indica o caráter limitado, os modelos são respectivos a **M**, parciais. Um objetivo específico estabelece sua finalidade, geralmente mas não necessariamente, a de explicar, e sobre todo predizer." (Guerreiro, 2010 – tradução livre).*

Chamizo Guerreiro (2010) sugere uma classificação para os modelos, dividindo-os de acordo com sua analogia, com seu contexto e com a porção do mundo que representam (Figura I.2)

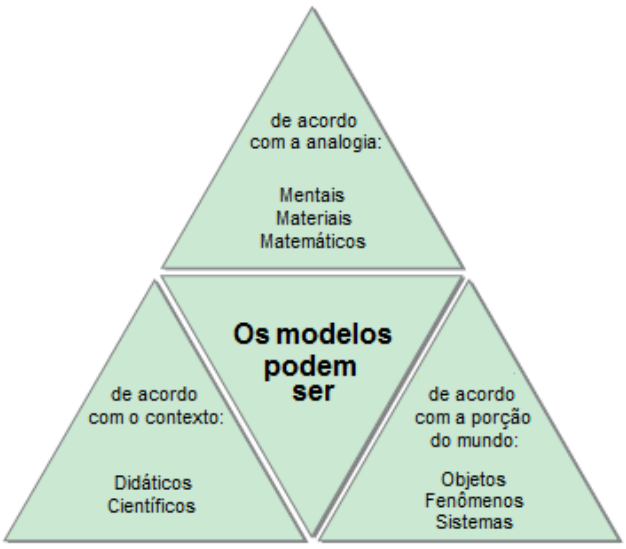


Figura I.2[2]

[2] (Guerreiro, 2010 – tradução livre).

Os modelos são representações, geralmente baseadas em analogias, assim essa analogia pode ser mental, material ou matemática.

As analogias mentais estão presentes em nossa imaginação. São ideias prévias, que em certas ocasiões podem ser equivalente. Elas são adaptáveis e mutáveis conforme a complexidade e refinamento da analogia. Esses modelos podem ser um mecanismo para o entendimento de um fenômeno, por exemplo. Podemos entender a troca de calor como o movimento de fluído, mesmo sabendo que o calor não é um fluído. Esse modelo vai sendo lapidado conforme outras variáveis são inseridas.

Os modelos materiais são protótipos. É a transformação do modelo mental em algo que tenhamos acesso empírico. Esse protótipo pode ser uma representação, um desenho ou uma maquete tridimensional. Por exemplo, podemos representar a molécula de água pela fórmula H_2O, podemos ainda fazer um desenho bidimensional das ligações (Figura I.3) ou ainda fazer uma maquete com esferas de isopor de tamanhos diferenciados representando os átomos de hidrogênio e oxigênio com suas ligações.

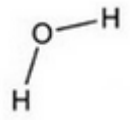


Figura I.3

Analogias matemáticas são as equações construídas para descrever precisamente uma porção do mundo. Como o exemplo dado por Guerreiro (2010), a equação PV=nRT é um exemplo de modelo matemático que permite explicar o comportamento restrito dos gases "ideais". Essas representações, as mais utilizadas no ensino de física, são conhecidas como as leis. Neste ponto, Guerreiro (2010) ressalta a visão do químico L. Pauling sobre as leis que utilizamos frequentemente nas salas de aula sem pensar suficientemente em sua realidade:

> "Uma lei é uma descrição sucinta do resultado de um número finito de experimentos. Não é um dogma inflexível. Descreve unicamente os experimentos que se tenham realizado enquanto a lei se reconhece como válida. Estas leis básicas da natureza, dependendo do resultado de um novo experimento, podem não ser válidas no próximo ano." (L. Pauling *apud* Guerreiro, 2010).

Sobre a visão de L. Pauling pode-se ressaltar dois pontos muito importantes: i) Primeiro, essas leis não estão na natureza. Estas relações matemáticas estão na cabeça do cientista, tanto que elas podem mudar. Mesmo não mudando elas não estão na natureza. A matemática é uma criação mental humana. Quando afirmamos, por exemplo, que as orbitas dos planetas

são uma elipse estamos cometendo um erro. As órbitas dos planetas são as órbitas dos planetas. No entanto, seu formato se assemelha a uma figura denominada pelo homem de elipse. Ou melhor, a trajetória dos planetas forma uma figura que foi denominada pelo homem de elipse. ii) Segundo ponto a ressaltar é que a história da ciência possui exemplos de alguns modelos matemáticos que persistiram independente da teoria que o explicasse. Por exemplo, a equação de troca de calor $Q=m.c.\Delta\theta$[3] não foi construída conforme a teoria de calor aceita atualmente. Ela utiliza um conceito superado, porém é empiricamente eficiente. Assim, ela prevalece na estrutura da ciência.

De acordo com o contexto, os modelos podem ser didáticos ou científicos. Ou seja, podemos ter analogias mentais, materiais e matemáticas utilizadas em um contexto didático ou científico.

No contexto científico, o modelo deve permitir uma repetibilidade e um entendimento universal dentro de uma linguagem criada pela própria ciência. Normalmente, esses modelos são publicados através dos anais de congressos e revistas especializadas, que garantem a validade da publicação. Segundo Guerreiro, a palavra "modelo" está entre as dez mais frequentes nos títulos de artigos de física, química, biologia e medicina. Os modelos construídos por um cientista são apresentados com suas vantagens e desvantagens aos seus pares. Ainda segundo o autor, como não existe um único método científico, uma das atividades principais dos cientistas é avaliar qual dos modelos rivais mais se aproxima das evidências disponíveis e qual é mais convincente para explicar certo fenômeno (Guerreiro, 2010).

Os modelos didáticos podem ser interpretados como as transposições didáticas. Na qual a transposição didática é a transformação do conhecimento científico em um conhecimento possível de ser ensinado a alunos. Esses modelos, normalmente, são mais simplificados e relacionados à realidade dos alunos. A analogia didática, geralmente, aparece como uma verdade única da ciência. Os limites do modelo, suas extensões, suas discussões filosóficas e seus contextos históricos são esquecidos pelos livros e professores (Guerreiro, 2010).

Sobre esse assunto, Guerreiro ressalta a posição do pesquisador em educação D.Hodson:

> *"Existe um extenso reconhecimento entre os educadores da ciência que este (modelo didático) é um produto de seu lugar e seu tempo estreitamente relacionado com instituições locais e profundamente influenciado por seus métodos de construção e validação. Muitos*

[3] Onde *Q* é a quantidade de calor trocada, *m* é a massa do corpo, *c* é o calor específico do corpo e Δθ é a variação de temperatura sofrida pelo corpo.

> *estudantes não aprendem o que nós queremos: seu conhecimento sobre a ciência e a capacidade de usar tal conhecimento efetivamente estão longe do que queremos; seu entendimento sobre a natureza e os métodos da ciência são geralmente incoerentes, distorcidos e confusos [...] Agora, pela primeira vez na história, estamos educando alunos para viver em um mundo acerca do qual sabemos muito pouco, que certamente estará mudando vertiginosamente e que será mais complexo e incerto que o mundo de hoje [...] que tipo de educação em ciências é mais apropriada para preparar nossos estudantes para este mundo desconhecido do futuro?" (D.Hodson apud Guerreiro, 2010 – tradução livre).*

O autor diferencia as interpretações dos modelos feitas por um especialista e por um aprendiz (Tabela I.1):

Tabela I.1[4]

Aprendizes	Especialista
Os modelos são materiais	Os modelos são mentais, materiais e matemáticos
Ajudam a conhecer e a se comunicar com o mundo real	Os modelos ajudam a entender ou pensar sobre uma porção contextualizada do mundo
Modelos diferentes do mesmo objeto, sistema, fenômeno ou processo apresentam diferentes aspectos do objeto, sistema ou processo real	Diferentes modelos de diferentes objetos, sistemas ou processos podem se constituir para diferentes propósitos
Os modelos podem mudar se são equivocados ou se descobrem uma nova informação	Os modelos são substituídos por outros mais adequados com os propósitos estabelecidos
Os modelos mais atualizados são sempre os mais corretos e os que melhor explicam o objeto, fenômeno ou sistema	Os modelos já substituídos podem seguir sendo utilizados se os propósitos de seu uso são satisfeitos por esse modelo, que pode ser inclusive mais simples

[4] (Guerreiro, 2010).

Como os modelos representam algo ou alguma coisa que se encontra no mundo. Esse “algo” pode ser um objeto (um computador ou uma máquina térmica), um fenômeno (o magnetismo ou uma reação química) ou sistema (sistema solar, que é um conjunto de objetos que se relacionam).

Com uma visão diferente, Hacking (1983) critica o conceito de modelos como “maquetes”. Ele sugere que as teorias são muito complexas, então simplificamos em modelos matematicamente tratáveis. Assim, os modelos são aproximações do universo. Para ele, os modelos estão numa fase intermediária entre os fenômenos e as teorias, similar a Bunge (Hacking, 1983).

Para Cartwright, os modelos não são dedutíveis da teoria, pois os físicos podem utilizar, para fins de conveniência, um número grande de modelos inconsistentes (Cartwright *apud* Hacking, 1983).

Essas contradições sobre os modelos se acentuam quando são tratados para entidades inobserváveis.

I.3 ENTIDADES INOBSERVÁVEIS OU TEÓRICAS

Parte dos modelos representam entidades que não podem ser observadas. Essas entidades são o principal motivo da discussão de dois grupos filosóficos, Realistas e Antirrealistas. Entretanto, o que são entidades inobserváveis?

A *parte observável* do mundo é o que podemos “ver/sentir” diretamente. Mesas, cadeiras, imãs, trovões e nevascas. Coisas que podem ser percebidas diretamente pelos sentidos humanos. A *parte inobservável* seriam átomos, elétrons, quarks, léptons, entre outras que fogem aos sentidos humanos (Okasha, 2011).

Com relação às entidades observáveis e às ciências que as estudam, não existe divergência na filosofia da ciência, no entanto com relação à parte inobservável cria-se um debate entre realistas e antirrealistas. Dois grupos, realistas e antirrealistas, discordam da veracidade das teorias da ciência, assim como os objetivos da própria ciência. Esses dois grupos serão detalhados no próximo tópico.

O debate entre os limites do observável é exaustivamente discutido, pois não é possível traçar a distinção entre observável e inobservável de modo satisfatório. Grover Maxwell apresenta um problema:

> *"Considere uma sequência de eventos: olhar a olho nu, olhar algo por uma janela, olhar por um óculos de forte graduação, olhar para algo com binóculo, olhar algo através de um microscópio de baixa potência e olhar algo através de um microscópio de alta potência, assim por diante. Esses eventos estão em uma regularidade contínua. Quando decidimos, então, o que conta como observável e aquilo que conta como inobservável? Um biólogo pode observar um micro-organismo com seu microscópio de alta potência, ou pode apenas detectar a sua presença da maneira como o físico pode detectar a presença de um elétron numa câmara de nuvem?" (Okasha, 2011)*

Bas van Fraassen propõe a resposta de que os argumentos de Maxwell só mostram que *observável* é um conceito vago. Um conceito vago é um conceito que tem casos de fronteira em que não é claro se algo *cai* ou *não cai* sob o conceito. "*Calvo*" é um exemplo óbvio. Uma vez que a queda de cabelo ocorre em graus, há muitos homens a respeito dos quais é difícil dizer se são calvos ou não. Mas van Fraassen chama atenção para o fato de que os conceitos vagos são perfeitamente usáveis, e que podem indicar distinções genuínas no mundo (de fato, a maior parte dos conceitos são vagos, pelo menos em certa medida). Ninguém argumentaria que a distinção entre homens calvos e cabeludos é irreal e sem importância só porque "calvo" é vago. Certamente, se tentarmos traçar uma linha divisora precisa entre homens calvos e cabeludos, a traçaremos arbitrariamente. Mas uma vez que há casos nítidos de homens que são calvos e casos nítidos de homens que não o são, a impossibilidade de se traçar uma linha divisora precisa não importa. O conceito é perfeitamente usável a despeito da sua vagueza (Okasha, 2011).

Para van Fraassen, o conteúdo empírico de uma teoria é definido em ciência por meio de uma distinção traçada pela própria ciência sobre o que é observável e inobservável. O limite do observável é o ser humano, ou seja, os limites especiais da observação humana servem de critério-base para tal disposição (Ody, 2005).

Ainda para o autor, o organismo humano é, do ponto de vista da física, certo aparato de medição. Como tal, ele tem certas limitações inerentes – que serão descritas em detalhes em estágios avançados da Física e da Biologia (Ody, 2005). Ou seja, nosso limite é o contemplar "*a olho nu*". Van Fraassen ainda vai mais distante, para ele observar as luas de Júpiter através de um telescópio é um caso claro de observação, já que é certo que os astronautas seriam capazes de vê-las de perto (Ody, 2005). Porém quando trocamos o *cosmos* pelo interior do nosso corpo, van Fraassen tem outra opinião, não podemos verificar "naturalmente" se nossa "observação" através de microscópios é real. Para ele, observar pelo microscópio uma célula

ou observar uma partícula subatômica é observar objetos fictícios. Não há finalidade real entre a imagem que teríamos de uma célula, por exemplo, e a célula real (se é que ela existe?).

Ian Hacking confronta esse posicionamento de van Fraassen veementemente. Para Hacking:

> *"Os filósofos escrevem dramaticamente sobre os telescópios. Galileu afirmou ter visto as luas de Júpiter. Feyerabend usa isso para dizer que a ciência avança por grandes vigaristas: Galileu era um vigarista e não um experimentador racional. Duhem, físico francês que afirma que a continuidade entre a idade média e o renascimento, usa o telescópio para justificar sua tese que nenhuma teoria precisa ser rejeitada por fenômenos que não se encaixam e sempre pode ser acomodada mudando as hipóteses auxiliares. Se as estrelas não estão onde a teoria prevê, culpamos o telescópio e nãos os céus. Ernst Abble afirma que: "a visão do microscópio é sui generis (do seu tipo). Ele é e não pode ser comparado a visão do macro. As imagens são originadas da óptica."." (Hacking, 1983).*

O filósofo quer dizer, com a citação de Abble, que com microscópio não podemos ver nada, em qualquer sentido.

Dentro do positivismo, Gustav Bergman afirma: "os objetos do microscópio não são coisas físicas na forma literal, mas apenas linguagem de uma imaginação pitagórica. Quando olho por ele tudo que vejo é um caminho de cores que se arrasta pelo campo como uma sombra sobre as paredes." (Bergman *apud* Hacking, 1983).

Grover Maxwell, afirma que: "entidades podem ser invisíveis ao mesmo tempo, e mais tarde, graças a um novo truque de tecnologia, tornam-se observáveis. A distinção entre o observável e o teórico simplesmente não é de interesse para a ontologia." (Maxwell *apud* Hacking, 1983).

Para defender sua hipótese, Ian Hacking sugere uma experiência real. Pegue uma mesma coisa e coloque em dois microscópios diferentes. Os resultados são similares. Entretanto, ele afirma que o "argumento da coincidência" não afirma que o resultado é real (Hacking, 1983).

Como sugestão final, Hacking propõem uma segunda experiência. Ele sugere pegar uma Placa de Petri e fazer uma grade (#), e depois olhar pelo microscópio, observando as linhas e as posições. Ele afirma fazer isso em vários tipos de microscópios. Para ele, afirmar que não é possível ver através do microscópio significa invocar um "maligno demônio

cartesiano” no microscópio. Assim, sua defesa é que não vemos através do, mas com o microscópio (Hacking, 1983).

A distinção entre entidades observáveis e não-observáveis é apenas uma parte do debate entre os realistas e antirrealistas. Como já foi possível observar existe um intenso debate entre Bas van Fraassen e Ian Hacking. Esses dois defendem posições diferentes dentro da filosofia da ciência.

I.4 REALISMO E ANTIRREALISMO NA CIÊNCIA

Desde a origem da filosofia os modelos são motivo de debate, em Aristóteles, não há ciência não ser do geral (*apud* Bunge, 2008). Assim, os modelos são essenciais pois ajudam a generalizar fenômenos, processos e produtos da ciência. Entretanto, qual a realidade desses modelos?

Para Platão, o mundo muda todo tempo. Assim, devemos conhecer a *ideia* das coisas. Essa *ideia* poderia ser uma forma de modelo, pois ao olharmos um gato, mesmo sem rabo ou diferente, sabemos que é um gato. Isso ocorre pois temos em nossa mente um modelo de gato. Devemos buscar a essência das coisas.

Dessa forma, quando pensamos em um átomo pensamos na essência do átomo. Mesmo que ele seja diferente na realidade. Essa busca das essências é refutada pelo positivismo. Os positivistas afirmam que não temos acesso as essências. “O real é restrito ao observável” (Hacking, 1983).

Podemos dividir as posições sobre a veracidade dos modelos em dos dois grupos: Realistas e Antirrealistas.

Os realistas, como Ian Hacking, em resumo defendem que a busca pela verdade é um dos objetivos da ciência. Assim como, suas entidades não observáveis realmente existem. Quando uma teoria supera a outra é que essa está mais próxima da verdade que anterior. Entretanto, diversas são suas definições para o realismo. Para Hillary Putman:

> *“Um realista (a respeito de dada teoria ou discurso) sustenta que (1) as sentenças daquela teoria são verdadeiras ou falsas, e (2) que o que as torna verdadeiras ou falsas é algo externo – quer dizer, não são (em geral) nossos dados sentidos, reais ou possíveis, nem a estrutura*

> *de nossas mentes, nem nossas linguagens, etc." (apud van Fraassen, 2007).*

Pode-se dizer então, que, para um realista, existe uma verdade única a ser alcançada pela ciência. Um tipo de Noumena como para a filosofia transcendental de Kant. Essa verdade independe de nossos sentidos.

Outra definição relevante, que corrobora com Putman, é a de Brian Ellis:

> *"Compreendo que realismo científico é a concepção de que os enunciados teóricos da ciência são, ou pretende-se que sejam, descrições generalizadas verdadeiras da realidade." (apud van Fraassen, 2007).*

Uma definição bem completa é dada por um antirrealista, van Fraassen. Para ele:

> *"A ciência visa dar-nos em suas teorias um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é, e a aceitação de uma teoria científica envolve a crença de que ela é verdadeira." (van Fraassen, 2007).*

O autor Chibeni reúne algumas das principais formulações do realismo científico comumente encontradas na literatura especializada:

> *"i) Algumas das entidades teóricas da ciência realmente existem; ii) A ciência investiga um mundo independente de nossa cognição; iii) Vale a lei do terceiro excluído[5] para as proposições teóricas da ciência, interpretadas literalmente, e o que as faz verdadeiras ou falsas são suas conexões com uma realidade independente de nossa cognição (...)." (Chibeni, 1990).*

O realista Ian Hacking separa o realismo em dois: i) Realismo das entidades, que afirma que as entidades teóricas realmente existem; e ii) Realismo das teorias, para o qual as teorias científicas são verdadeiras ou falsas independente do que sabemos e a ciência busca a verdade de como o mundo é.

A grande defesa para o realismo utilizada por Hacking, qual seja um realista de entidades, é que é possível manipular essas entidades inobserváveis. Sua afirmação é que podemos dar outras nomenclaturas ou ter outras teorias que expliquem aquelas entidades, mas elas existem. Podemos, por exemplo, chamar o elétron de diversos nomes, entretanto

[5] Ou *A* é *x* ou não é *x* e não há terceira possibilidade.

existe *algo* que podemos inferir. Por mais que as experiências sejam construções das teorias, experimentos diversos funcionam utilizando as entidades (Hacking, 1983).

Dentro da história da ciência o elétron é defendido de diferentes formas. Por exemplo, para Lorentz, Maxwell e Bohr, o elétron é entendido de formas diferentes. Porém, continua sendo um elétron. O conceito de massa, que não é uma entidade, também é um conceito entendido diferentemente por Newton e Einstein, entretanto não deixou de ser massa por isso. Essa concepção é muito similar à defendida por Platão com relação ao mundo das ideias (Hacking, 1983).

Dessa forma, um argumento utilizado pelos realistas é o "*argumento do milagre*". Para os realistas seria uma coincidência extraordinária se uma teoria que fala sobre elétrons e átomos fizesse previsões exatas sobre o mundo observável, a menos que os elétrons e os átomos existam realmente, similarmente os avanços tecnológicos, exemplo laser. Dessa perspectiva, ser um antirrealista é acreditar em um *milagre*. Uma vez que é obviamente melhor não acreditar em milagres quando uma alternativa não milagrosa está disponível, assim devemos ser realistas e não antirrealistas (Okasha, 2011).

No lado oposto ao realismo temos o antirrealismo. Os antirrealistas são uma derivação dos positivistas, quiçá, como afirma Hacking, são positivistas. Como já afirmado aqui, o positivismo é contra a metafísica e contra a busca pelas essências (Hacking, 1983).

O antirrealismo é definido por van Fraassen da seguinte forma:

> *"O antirrealismo é a posição segundo a qual o objetivo da ciência pode bem ser atendido sem fazer o relato verdadeiro, e a aceitação de uma teoria pode, de modo apropriado, envolver algo menos (ou diferente) que a crença de que ela é verdadeira." (van Fraassen, 2007).*

Assim, quando o cientista avança em uma nova teoria o realista vê como afirma o postulado. Mas o antirrealista vê como é exibida essa teoria assegurando e afirmando suas virtudes. Para os antirrealistas, uma teoria pode ser aceita porque é responsável por fenômenos e ajudam na previsão. Pode, também, ser aceita por suas virtudes pragmáticas sem que sejam literalmente verdadeiras (Hacking, 1983).

Chibeni sugere uma divisão dos antirrealistas em dois grupos: i) relativistas, idealistas ou construtivistas; e ii) empiristas. Os relativistas, idealistas ou construtivistas:

> *"(...) adotam uma das várias concepções não clássicas da verdade, nas quais em geral não vale a lei do terceiro excluído. Os exemplos mais importantes são a concepção coerencionista da verdade*

> *(uma proposição é verdadeira se for coerente com todas as demais proposições aceitas), e a concepção de Dummett-Putnam (uma proposição é verdadeira se for asserível com segurança [warrantedly assertible]). Essa forma de antirrealismo representa um rompimento profundo com o realismo, e via de regra não se limita ao domínio das proposições científicas (...).” (Chibeni, 1990).*

Dessa forma, esse tipo de realista entende que uma teoria é aceita não porque ela é verdade, mas sim porque ela é coerente com as proposições aceitas atemporalmente até o momento. Como exemplo na história da ciência temos alguns casos de teorias que eram coerentes em sua época, bem sucedidas empiricamente e mesmo assim foram superadas. O antirrealista não encara isso como uma aproximação da verdade. O filósofo Larry Laudan lista alguns casos, como: (a) as esferas cristalinas da astronomia grega (aristotélica), (b) os humores da medicina medieval, (c) a geologia catastrofista, (d) o éter ótico, (e) a inércia circular, (f) o flogisto, (g) o calórico, (h) a força vital (fisiologia), (e) o éter eletromagnético e (f) a geração espontânea, (g) os eflúvios da eletrostática (Ody, 2005).

Assim, como saberemos que o mesmo não acontecerá com as teorias atuais? Sobre a teoria atômica, por exemplo, a atitude racional perante ela é, então, de agnosticismo, ou seja, pode ser verdadeira, ou pode não ser. Nós simplesmente não poderemos saber, dizem os antirrealistas. Entretanto, a possível substituição futura de uma teoria não impede sua utilização. Com o modelo ptolomaico-aristotélico foi possível toda a expansão alcançada pelas grandes navegações dos séculos XV e XVI.

Retomando à divisão sugerida por Chibeni, o grupo dos antirrealistas empiristas compreendem três doutrinas principais: (a) Instrumentalismo, (b) Redutivismo e (c) Empirismo Construtivo.

a) **Instrumentalismo:** “*Essa doutrina, que talvez possa mais apropriadamente ser denominada instrumentalismo semântico, sustenta que as proposições teóricas da ciência são na verdade instrumentos de cálculo ou predição, ou ainda regras de inferência, que auxiliam a conexão e a estruturação das proposições sobre coisas e processos observáveis (“proposições observacionais”). Portanto, segundo o instrumentalismo as proposições teóricas não são proposições genuínas, mas pseudoproposições, às quais não se aplicam os conceitos de verdade e falsidade. Podem ser escolhidas livremente pelo cientista, conforme a sua utilidade e conveniência, não cumprindo, como propõe o realista científico, nenhuma função descritiva de aspectos não-observáveis do mundo*.” (Chibeni, 1990).

b) **Redutivismo: “***Para o redutivista, as proposições teóricas da ciência são proposições legítimas, porém de fato referem-se (indiretamente) ao que é observável; são*

abreviações para proposições mais complexas sobre entidades e processos observáveis. As proposições teóricas não devem, portanto, ser interpretadas literalmente, mas "reduzidas" a proposições observacionais através de certas convenções linguísticas (regras de correspondência) para que seu verdadeiro conteúdo empírico e significado se evidenciem. Essa forma de antirrealismo foi advogada pelos positivistas lógicos; inicialmente, pretendiam que a redução se fizesse em termos puramente fenomenológicos (i.e., as proposições reduzidas deveriam conter apenas conceitos lógicos e referentes a qualidades sensíveis); posteriormente, a proposta evoluiu para o fisicalismo (as proposições reduzidas poderiam também incluir conceitos referentes a coisas materiais ordinárias). As proposições que não fossem passíveis de redução eram dadas pelos positivistas lógicos como metafísicas, destituídas de significado genuíno. A tarefa da filosofia seria, segundo eles, a de proceder à análise lógica da linguagem de modo a que essas proposições metafísicas fossem identificadas e eliminadas." (Chibeni, 1990).

c) **Empirismo Construtivo: "***Proposta por Bas van Fraassen em seu famoso livro, The Scientific Image (1980), essa doutrina procura oferecer uma alternativa antirrealista tanto ao instrumentalismo semântico como ao redutivismo, e poderia ser chamada de instrumentalismo epistemológico. Segundo van Fraassen, as proposições teóricas da ciência são proposições genuínas e devem ser interpretadas literalmente (i.e., não devemos procurar "reduzi-las"); porém a determinação de seu valor de verdade não constitui o objetivo da ciência. 'A ciência objetiva a nos fornecer teorias que são empiricamente adequadas; e a aceitação de uma teoria envolve, como crença, apenas que ela é empiricamente adequada*[6]*'. "* (van Fraassen *apud* Chibeni, 1990).

De acordo com o próprio van Fraassen, o empirismo caracteriza-se como um adversário da metafísica; contudo, para ele, isto ainda seria demasiadamente vago, pois, argumenta, é impossível compreender a natureza da ciência sem algum recurso teórico; e, se o empirista busca fornecer uma interpretação da ciência, não chega a ser suficiente caracterizá-lo como "adversário da metafísica" (Silva, 2005).

Podemos observar uma influência das ideias de Kant na defesa de van Fraassen. Para Kant, apesar de o conhecimento se fundamentar na experiência, esta nunca se dá de maneira neutra, pois a ela são impostas as formas, *a priori*. da sensibilidade e do entendimento, características da cognição humana (Silveira, 2002).

Dessa forma, o aluno do ensino de ciências não pode ficar excluído desse debate da filosofia da ciência. Na forma como as ciências são ensinadas, elas são uma verdade única e

[6] O termo: *empiricamente adequado*, de forma simplificada, significa que tal teoria possui pelo menos um modelo tal que todos os fenômenos reais a ele se ajustam. Quando Fraassen afirma todos, quer dizer todos mesmo, e que eles não são esgotados por aqueles realmente observados, e nem mesmo por aqueles observados em certo tempo, ou seja passado, presente e futuro (van Fraassen, 2007).

inquestionável. A conclusão das aulas, e até mesmo do discurso dos cientistas, é que a ciência é a última verdade e que não pode mudar. Para o professor, não pode parecer que mostrar a ciência dessa forma é desqualificá-la como ciência. Esse processo faz parte de sua construção. Assim, a pesquisa deverá problematizar essas questões.

CAPÍTULO II: METODOLOGIA

Esse capítulo deverá abordar de maneira sistemática como foi realizada a pesquisa base dessa dissertação. Toda a pesquisa foi baseada na avaliação de um minicurso extraclasse para alunos do 2º.(segundo) Ano do Ensino Médio do Centro Educacional da Lagoa – Unidade Maria Angélica. Aos alunos dessa série foi oferecido um curso extraclasse no contraturno de suas aulas regulares, no caso o curso foi realizado pela tarde. Dos muitos interessados porém a maioria sem condição de frequentar devido ao dia e horário, 19 (dezenove) alunos compareceram ao curso, com uma presença média de 15 (quinze) alunos por módulo.

O curso foi composto por quatro módulos de cerca de uma hora e quarenta minutos cada. Cada um dos módulos teve uma abordagem bem específica com a linha de pesquisa e foram ministrados pelo pesquisador e autor desse texto.

A escolha do local de aplicação foi uma estratégia, pois o professor autor, dessa dissertação, já era professor regular da turma. Assim, esse possuía um diálogo com a turma e conhecia o grau de complexidade do conteúdo de física abordado em sala de aula. O colégio foi escolhido por se tratar de uma escola aberta a esse tipo de experiência e esse se mostrou bastante empenhado em ajudar o trabalho.

Nos itens seguintes serão apresentadas as formas de avaliação e os módulos de forma detalhada.

II.1 AVALIAÇÃO

A avaliação ocorreu ao longo de todo o processo. A figura II.1 esquematiza a forma de como a avaliação e os módulos foram estruturados.

<table>
<tr><td rowspan="2">Pré-teste</td><td>Módulo 1</td><td>Módulo 2</td><td>Módulo 3</td><td>Módulo 4</td><td rowspan="2">Pós-teste</td></tr>
<tr><td>Questionamento 1</td><td>Questionamento 2</td><td>Questionamento 3</td><td>Questionamento 4</td></tr>
<tr><td colspan="5">Observações Qualitativas</td></tr>
</table>

Figura II.1

No primeiro momento, os alunos foram avaliados por um Pré-teste. Essa pré-avaliação foi um questionário com perguntas de respostas do tipo “sim” ou “não”, sendo solicitadas as justificativas pelas escolhas. A função desse pré-teste era obter a concepção inicial dos alunos com relação aos questionamentos que seriam realizados ao longo do curso. Será verificado

com isso a complexificação das visões dos alunos, verificando se os temas objetos da pesquisa foram problematizados nos estudantes. As perguntas abaixo estavam contidas no Pré-teste:

1) Quando olhamos a imagem de um coração no livro didático, este é igual ao seu coração?

2) Uma pessoa que possui uma anomalia de formação no coração tem seu órgão representado por aquele modelo?

3) Em quarto escuro um som é ouvido por duas pessoas. Cada uma tem uma interpretação diferente do som, existem fatores que possam validar a verdade de uma das interpretações?

4) Essas duas interpretações tem alguma ligação com a verdade e, necessariamente, uma delas deve ser a verdade?

5) É possível ver o átomo?

A segunda avaliação direta a que os alunos foram submetidos foram os questionamentos a cada módulo. Em cada módulo um questionamento foi feito ao final da aula. Os alunos responderam às questões de maneira aberta e entregaram ao professor. Cada questionamento foi realizado na forma de uma pergunta que instigasse o estudante a pensar sobre o tema discutido na aula. As respostas serão apresentadas no Capítulo III dessa dissertação.

Módulo 1 - *Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*

Módulo 2 - *Na ciência, quando uma teoria vence a outra? Quando uma teoria vence a outra ela está se aproximando mais da verdade?*

Módulo 3 - *O átomo e as partículas precisam existir para que se desenvolvam tecnologias utilizando os átomos?*

Módulo 4 - *Em algum momento teremos um vencedor desse debate? Quando? Necessitamos de um vencedor?*

É possível notar que existe uma relação entre os questionamentos individuais dos módulos e as perguntas do Pré-teste. Essa semelhança foi proposital, pois através dela verifica-se se houve a complexificação das visões dos alunos.

O último módulo merece um destaque, pois antes do módulo foi aplicado um questionário objetivo para avaliar a posição epistemológica do aluno frente ao Realismo e ao Antirrealismo Científico. Esse questionário já foi aplicado em outro trabalho do autor, Toledo & Braga (2012). Assim sendo, os resultados dessa pesquisa foram comparados com resultados de outra pesquisa já publicada e testada. Abaixo segue o questionário aplicado antes do Módulo 4.

1) Se olharmos para o céu com uma certa frequência podemos observar algumas marcas estranhas. Por exemplo, é comum vermos um rastro se formando em linha reta. Normalmente as pessoas afirmam que é um avião que está voando muito alto e que o rastro deixado são "nuvens" geradas pela sua passagem. Ao vermos esse rastro, ou até mesmo vê-lo se formando, podemos afirmar que ali tem um avião?

1.a. [___] SIM, pois se olhássemos com um binóculo potente veríamos o avião.

1.b. [___] NÃO, pois só estamos vendo o rastro e esse pode ser causado por qualquer outro fator.

2) Ao olharmos na areia da praia marcas de pés em sequências, pegadas, podemos afirmar que uma pessoa passou caminhando por ali?

2.a. [___] SIM, pois as pegadas são um registro.

2.b. [___] NÃO, pois não estamos vendo uma pessoa. Podemos afirmar que as pegadas existem e que provavelmente elas são de uma pessoa, mas nada impede de terem sido feitas por uma máquina.

3) Ao atritarmos um pente no cabelo e aproximarmos de pequenos pedaços de papel picado notamos que ocorre uma atração. A teoria diz que quando foi atritado o pente perdeu ou ganhou elétrons, assim a falta ou excesso dessa partícula tornaram o pente eletrizado. Podemos afirmar que a eletrização é um fenômeno que comprova a existência do elétron?

3.a. [___] SIM, pois a teoria da eletrização só faz sentido se existirem elétrons.

3.b. [___] NÃO, pois a teoria responde o problema da eletrização, mas não garante a existência dos elétrons.

4) As lâmpadas fluorescente, aquelas compridas e cilíndricas, produzem luz pela passagem de corrente elétrica através de um gás contido nelas. Essa corrente é gerada pelo "deslocamento" de elétrons de um pólo para outro. Para a criação dessa lâmpada os cientistas precisaram das teorias que utilizam elétrons, assim podemos afirmar que esses cientistas acreditavam que os elétrons existiam?

4.a. [___] SIM, pois para funcionamento da lâmpada os elétrons devem existir. Pelo contrário seria uma grande coincidência, talvez um milagre, que algo tão parecido com o elétron e com sua teoria existisse para que pudéssemos fabricar a lâmpada.

4.b. [___] NÃO, pois os cientistas utilizaram a teoria mais atual que explicava o fenômeno e se aproveitaram da mesma para construir a lâmpada. Algum tempo depois poderá surgir uma teoria diferente para explicar o funcionamento e mesmo assim a lâmpada continuará funcionando.

5) Na História da Ciência temos alguns relatos de teorias que mudaram, como por exemplo a constituição da matéria. Apesar dos gregos terem criado a ideia de átomo, durante mais de dois mil anos acreditou-se que a matéria era formada por quatro elementos: terra, água, fogo e ar. Somente no século XIX a visão atômica da matéria foi resgatada, quando se provou que o ar não era um elemento. Esse exemplo pode ser utilizado para dizer que as teorias da ciência não são verdades?

5.a. [___] NÃO, pois a mudança das teorias ocorreram com o objetivo de caminhar para a verdade. Assim, podemos afirmar que um dia a teoria do átomo pode mudar, mas isso só se a nova teoria for uma "melhoria" da atual ou essa seja mais próxima da realidade.

5.b. [___] SIM, pois quando a teoria muda não significa que a anterior estava errada e a nova está certa, mas significa que essa nova explica mais fenômenos do que a anterior. Assim, não afirmamos que é verdade, mas sim que ela explica mais fenômenos observados.

A avaliação final ou Pós-teste, assim como o Pré-teste, abordou os temas dos módulos, mais uma vez de forma proposital para comparação da problematização da visão dos alunos. Agora nesse momento, a forma dos questionamentos era de um grau de complexidade maior. O objetivo do trabalho foi avaliar as visões dos alunos sobre cada tema. Essas visões mudaram, ficaram mais complexas ou mantiveram-se inalteradas? Essa análise foi realizada na pesquisa. As questões do Pós-teste foram as seguintes:

1) O que representa um modelo para você?

2) Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?

3) Por que uma teoria vence a outra? Qual o grau de verdade contido nessa nova teoria?

4) Para você, a ciência busca a verdade?

5) O jornal traz a seguinte notícia: "Foi encontrado o Bóson de Higgs!". A palavra "encontrado" é mal utilizada para essa notícia. Em sua opinião, qual a justificava para afirmarmos o mau uso da palavra?

6) Um dia será possível ver as partículas subatômicas?

Como última forma de avaliação, como o professor é autor da pesquisa, foram feitas anotações de campo. Todas as observações das aulas corroboraram com as interpretações dos dados. Frases dos diálogos, ênfases em certos pontos, conduções dos debates, entre outras observações pertinentes e que contribuíssem para a pesquisa. Esse diário da pesquisa tem como função auxiliar o pesquisador na análise dos resultados e são dados qualitativos da pesquisa (Bogdan & Biklen 1994).

II.2 MÓDULOS

II.2.1 MÓDULO 1

O *Módulo 1* do trabalho foi o primeiro contato dos alunos com os modelos na ciência. O primeiro passo desse módulo era a atividade da “caixa-preta”.

Essa atividade consiste no seguinte, os alunos receberam uma caixa de madeira aparentemente simples. Essa caixa, na forma de um paralelepípedo todo fechado, possui um furo em uma das faces de menor área e uma manivela metálica na parte superior. Essa manivela gira livremente sem nenhum resultado externo visível, retirando possíveis sons gerados pelo atrito do giro da manivela. Entretanto, ao colocar um lápis ou caneta no furo e girar a manivela esse objeto passa a subir e descer. Dessa forma, a caixa possui um dispositivo ligado à manivela que faz o lápis subir e descer, além de sons de objetos soltos dentro da caixa.



Figura II.2

O objetivo inicial do trabalho é que, através da manipulação da caixa, os alunos em grupos menores façam um modelo do que tem dentro da caixa. Os alunos podem utilizar todas as ferramentas disponíveis em sala como lápis, caneta, clips de papel, câmera de celular, lanterna, laser, etc. A caixa só não pode ser destruída nem aberta.



Figura II.3

Durante esse processo de elaboração do modelo cada descoberta que auxilie outros grupos deve ser socializada. O processo de socialização não deve ser do modelo, mas de descobertas como um som diferenciado ao lado da caixa ou que ao inserir o lápis e girar a manivela ele se move. Esse processo de socializar as descobertas é questionado ao longo do trabalho. Os alunos são questionados se na ciência essas descobertas são comunicadas na comunidade científica. Assim, o grupo avalia se sua descoberta é fundamental ao conjunto e algumas disputas de caráter não científico são identificadas. Esse ponto é importante para ser discutido em outros módulos.

Após a elaboração dos modelos intergrupos, cada grupo deve ir ao quadro e iniciar a representação esquemática do seu modelo. Ao término do tempo, todos os grupos deverão ter

seus modelos desenhados no quadro. Assim, cada grupo irá explicar seu modelo e em um debate da turma toda será elaborado o *modelo consensual* da “caixinha”.



Figura II.4

A discussão do módulo estava ligada a importância dos modelos na ciência. *Qual o papel desses modelos para a ciência? O modelo consensual representa a realidade da*

“caixinha”? Ele precisa representar? Pode existir algo diferente dentro da caixinha? Entretanto, se o modelo consensual funciona não é suficiente? Essas foram algumas perguntas levantadas pelo professor durante a atividade para iniciar o debate entre os alunos.

Essa dinâmica durou todo o tempo do módulo, ou seja, uma hora e quarenta minutos, restando apenas um tempo para a resposta do questionamento da aula.

II.2.2 MÓDULO 2

O *Módulo 2* partiu do último ponto do *Módulo 1*. O debate foi iniciado questionando como são elaborados os consensos da ciência. Levantou-se o fato que muitas vezes podem existir teorias distintas que coexistem.

Para isso, foi escolhido um tema que já foi abordado de maneira tradicional pelos alunos escolhidos. Esses alunos já tinham aprendido os conceitos de Trabalho, Energia, Quantidade de Movimento e Impulso de uma maneira tradicional como é apresentada nos livros didáticos. Nenhuma discussão histórico-filosófica foi apresentada à eles. Assim, será apresentada uma controvérsia histórico-filosófica do século XVII entre Leibniz, com sua *vis viva*, e Descartes, com sua quantidade de movimento. Esse debate não ocorre na realidade, pois quando Descartes morre Leibniz só tinha 4 (quatro) anos.

O debate das duas correntes filosóficas foi apresentado com as origens histórico-filosóficas dos conceitos elaborados pelos dois formadores das correntes. Foram destacados os fatos históricos que contribuíram para a evolução dos conceitos, assim como a disputa pelo *status* da verdadeira medida de força-movimento.

A importância do tema é que as teorias coexistem por muito tempo na ciência até que somente no século XX, com a relatividade, elas se fundem e tornam-se uma só. Como duas teorias surgem, a partir de processos que envolvem mais do que ciência, e continuam a “responder” aos resultados empíricos sendo tão diferentes?

Esse módulo enfatizou a complexidade do processo de construção da ciência. Mostrando que ele não é linear, que envolve outros problemas não simplesmente científicos, como são as disputas na ciência, como teorias se completam, entre outros fatores filosóficos.

Para isso tudo foi preparada uma apresentação abaixo mostrada:

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Módulo 2

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Carlos Toledo
2013

Século XVII

Qual a verdadeira medida de força?

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

No século XVII, dois grandes nomes da ciência/filosofia disputavam o *status* de "verdadeira" medida de força e do movimento de um corpo.



Gottfried Wilhelm Von Leibniz



René Descartes

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

A partir de observações de colisões de corpos e em queda-livre perceberam que esses corpos "possuíam" uma *força intrínseca*.

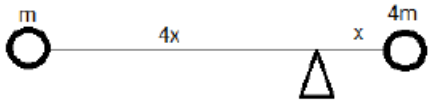
- **Leibniz** chamou de *vis viva* (força viva) → $m.v^2$
- **Descartes** chamou de *quantidade de movimento* → $m.v$

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

A argumentação de Leibniz pode ser construída assim:

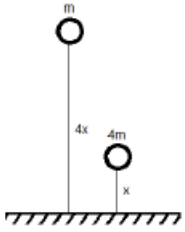
- Como não tínhamos o conceito de energia, sua proposta é de uma balança.



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Assim, a "força de colisão" poderia ser comparada da seguinte forma:



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

De acordo com Galileu:

$$V^2=A.h$$

(onde *V* é a velocidade final, *A* é uma constante de proporcionalidade e *h* é a altura).

* Hoje sabemos que essa constante *A* é igual a *2.g* da fórmula de Torricelli ($V^2=Vo^2+2.g.\Delta S$), onde numa queda-livre *Vo=0*.

Logo:

$$V_{4m}^2=A.x \quad e \quad V_m^2=A.4x$$

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Dessa forma, para **Leibniz** elas teriam a mesma força.

Como $F=m.v^2$, então:

$$F_{4m}=4m.Ax \quad e \quad F_m=m.A.(4x)$$

Assim:

$$F_{4m} = F_m$$

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Para Descartes,

$$F=m.v$$

Então:

$$F_{4m}=4m.(Ax)^{1/2} \quad e \quad F_m=m.A.(4x)^{1/2}=2m.(Ax)^{1/2}$$

Assim:

$$F_{4m}>F_m$$

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Sendo assim, a proposta de Leibniz estaria "mais correta" que a de Descartes. Os cartesianos então são criticados por seu "adversário":

"Frequentemente nossos novos filósofos se servem da famosa regra em que Deus conserva sempre a mesmas quantidades de movimento do universo. De fato isto é muito plausível e antes eu próprio a tinha como indubitável. Porém, há algum tempo reconheci em que consiste o seu erro. O Sr. Descartes e muitos hábeis matemáticos têm acreditado que a quantidade de movimento, isto é, a velocidade multiplicada pela magnitude (massa) do móvel é exatamente a força motriz ou, para falar matematicamente, que as forças estão na razão direta da velocidade e das magnitudes (...)."

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Nota: Descartes acreditava num *Deísmo*, na qual Deus criava a matéria e seu movimento sem nenhuma interferência posterior. "Concedam-me a matéria e seu movimento e eu construo o Universo" e "Deus é a primeira causa do movimento, e que Ele conserva uma mesma quantidade de movimento no Universo.".

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Questão:

Será que as bases de Leibniz e Descartes para a construção dessas teorias foram unicamente científicas?

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Nota: "Existe uma diferença epistemológica. Enquanto a força newtoniana se origina na vizinhança do corpo que a sofre, sendo assim uma causa transitória (externa) do movimento; as forças de Leibniz e Descartes se situam no interior do corpo, sendo assim imanentes (internas) ao movimento."

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Para **Descartes:**

1ª. Lei: "Cada coisa permanece no mesmo estado o tempo que puder e não muda este estado senão pela ação das outras e cada parte da matéria jamais continua a mover-se segundo linhas curvas, mas sim segundo linhas retas."

2ª. Lei: "Se um corpo que se move encontra outro mais *forte* que ele, não perde nada de seu movimento e se encontra outro mais *fraco*, a quem possa mover, perde de seu movimento e se encontra outro mais *fraco*, a quem possa mover, perde seu movimento aquilo que transmite ao outro.".

Traduzindo: Um corpo pequeno colide com outro grande inverte sua velocidade, bola batendo na parede. Se o corpo colidir com um menor transmitirá parte de sua quantidade de movimento a este segundo corpo.

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Nota: O filósofo não tinha conceito claro de massa, a qual confundia com volume, peso, e a força de um corpo, além de que seu conceito de velocidade era escalar e não vetorial.

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Questão:

Afinal, quem tinha razão?

O raciocínio de Leibniz e de Descartes estão certos?

Confusão entre:

Força e Energia

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Força:

Para Aristóteles, um corpo em movimento possuía uma "*vis*" imanente que era necessária se esgotar para que o corpo pudesse parar em seu *lugar natural*.

Para Newton, a força é causa transcendente (superior) da mudança do movimento de um corpo, uma vez que nele não se origina nem se esgota, porque provém de sua vizinhança (outros corpos) que, às vezes como na força gravitacional, podem estar distantes. Esse problema é resolvido com a invenção do *campo* por Faraday e Maxwell.



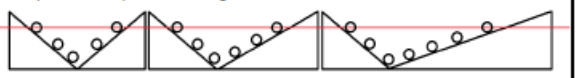
Michael Faraday



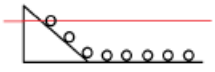
James Clerk Maxwell

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Depois de Newton os conceitos de volume, peso, força e massa foram separados. O conceito de inércia, também definido por Newton, pode ser explicado da seguinte forma:



Mesmo que aumente o ângulo entre os planos a esfera chega até a mesma altura. Se o plano da direita ficar horizontal, onde vai parar?



Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Energia:

No século XIX a *vis viva* ($m.v^2$) de Leibniz foi chamada por Lord Kelvin de ***energia cinética***. Do grego, a *energeia*, significa "em movimento" ou "em funcionamento", que surge para substituir a *vis* ou *força* de Leibniz, ainda comprometido com o aristotelismo.

O conceito de Leibniz foi embrionário num dos conceitos mais importantes da Física:



"A energia do Universo não pode ser criada ou destruída.".

William Thomson
Lord Kelvin

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

O conceito de energia generalizou-se a partir da *vis viva*, para abarcar todas as outras formas de energia, como , por exemplo, a *vis viva latente* ou *vis mortua*, como é hoje conhecida a energia potencial. Conceito também instituído por Leibniz.

Em 1798, Benjamin Thomson, Conde de Rumford, percebe que o calor, que antes era considerado uma substância que passava dos corpos quentes aos frios, chamada *calórico* pelos físicos do século XVII, deveria ser portanto, considerado como uma forma de energia desorganizada que provinha da energia do movimento das brocas friccionadas pelo canhão.



Benjamin Thomson
Conde de Rumford

Quem venceu a disputa?

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Por que a natureza sempre tão econômica "escolheu" então dois princípios de conservação para representar o movimento de translação da matéria que constitui o Universo?

Por que são necessárias duas grandezas matematicamente distintas para representar a perfeição do cosmos e de suas transformações?

A *força newtoniana*, de acordo com a segunda lei do movimento, produz aceleração, isto é, mudança de movimento do corpo. Mostra-se, nos cursos de física básica, que a ação da força ao longo do espaço é igual a variação da energia cinética de um corpo ($\tau=\Delta E_c$), enquanto que a ação da força ao longo do tempo é igual a variação de sua quantidade de movimento.

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Matematicamente:

$$\tau = \int F.dx = \int m.a.dx = \int m.\frac{dv}{dt}.dx$$

$$\tau = \int m.dv.\frac{dx}{dt} = \int m.v.dv = \boxed{\frac{m.v^2}{2}}$$

$$I = \int F.dt = \int m.a.dt$$

$$I = \int m.\frac{dv}{dt}.dt = \int m.dv = \boxed{m.v}$$

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

A energia, é assim, a ação de uma força no espaço (grandeza chamada de trabalho), enquanto que a quantidade de movimento é a ação da força ao longo do tempo (grandeza também chamada de impulso).

No século XX, o espaço e o tempo foram unificados e receberam um tratamento matemático indiferenciado pela relatividade restrita de Einstein, transformando-se no espaço-tempo quadridimensional (x, y, z, t) que não pode ser desmembrado.

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Da mesma forma, a quantidade de movimento e a energia, como aspectos distintos de uma mesma essência, isto é, a ação da força no tempo e no espaço são irmãs siamesas que não podem ser separadas. A energia é, assim, o quarto componente do movimento, enquanto que a quantidade de movimento (um vetor) é os três componentes espaciais. Formam juntas um quadri-vetor, assim como o espaço-tempo.

Segundo Einstein:

"A física pré-relativista contém duas leis da conservação cuja importância é fundamental, em aparência completamente independente entre si. Através da relatividade elas se fundem em um único princípio.".

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Depois da teoria da relatividade, o criador nem precisa mais soprar o Universo para colocá-lo em movimento, como acreditava Descartes, pois a matéria já possui em si um potencial de seu próprio movimento. Basta uma pequena fração do universo desaparecer para dotá-lo de todo o movimento necessário para sua evolução ($E=m.c^2$).

Quantidade de Movimento x Energia Cinética

Fim

Dessa forma, esse módulo possuiu um caráter mais expositivo. Os alunos ficaram extremamente admirados com a complexidade dos conceitos aprendidos por eles em sala aula. Para a maioria, os conceitos de Quantidade de Movimento e Energia Cinética se misturavam, diferenciando apenas pelas fórmulas. O módulo, além do debate filosófico, ajudou a clarificar e esclarecer os conceitos para os alunos.

II.2.3 MÓDULO 3

O *Módulo 3* abordou um assunto completamente novo para o ensino médio, pelo menos nesse colégio, o Modelo Padrão de Partículas. A escolha do tema está ligada a contemporaneidade do assunto.

Na sala de informática, os alunos em grupo acessaram um material interativo do site http://www.cepa.if.usp.br/aventuradasparticulas/. O projeto "Aventura das Partículas" é uma iniciativa em constante evolução do projeto educacional patrocinado pelo *Particle Data Group* do Laboratório Nacional de *Lawrence Berkeley* (LBNL). É supervisionado por Michael Barnett. Traduzido pelo Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada (CEPA) – USP.

Disponível gratuitamente no endereço supracitado, o site contém um material de Física de Partículas em um nível para alunos de Ensino Médio. Devido ao tempo não foi planejada a utilização de todo o material disponível, mas apenas uma parte dele.

Dentro do disponível, os itens e subitens foram explorados pelos alunos:

1. O Que é Fundamental?; 1.1 Questões Eternas; 1.2 A Busca do que é Fundamental; 1.3 O Átomo; 1.4 O Núcleo é Fundamental?; 1.5 Os Prótons e os Nêutrons são Fundamentais?; 1.6 A Escala do Átomo; 1.7 O que estamos procurando; 1.8 O Modelo Padrão.

2. Do que o mundo é Feito?; 2.1 Quarks e Léptons; 2.2. Matéria e Antimatéria; 2.3 O que é Antimatéria?; 2.4 Quarks; 2.5 Hádrons, Bárions, Mésons e Léptons; 2.6 Decaimento dos Léptons; 2.7 Neutrinos; 2.8 A Geração de Matéria; 2.9 Resumo do Tópico da Matéria;

3. O que o Mantém Unido?; 3.1 As Quatro Interações; 3.2 Como a Matéria Interage?; 3.3 O Efeito Invisível; 3.4 Eletromagnetismo;3.5 Força Residual E-M; 3.6 E sobre o Núcleo; 3.7 Forte; 3.8 Força Residual Forte; 3.9 Fraca; 3.10 Gravidade; 3.11 Resumo sobre as Interações

Os alunos fizeram a leitura do site em pequenos grupos nos computadores. O site é interativo e autoexplicativo, assim os estudantes não tiveram dificuldade de entender o seu funcionamento.

Devido a quantidade de informações contidas, alguns alunos ficaram confusos precisando da ajuda do professor. Como a intenção primária do módulo era os questionamentos filosóficos, essa dificuldade com a Física das Partículas não foi um problema.

O “pedaço” do conteúdo do site que foi selecionado tem um fundamento filosófico. Em certo momento da apresentação, quando se fala sobre os Grávitons, o site faz a seguinte colocação:

> *“A gravidade é estranha. É claramente uma das interações fundamentais, mas o Modelo Padrão não consegue explicá-la satisfatoriamente. É um desses problemas não resolvidos pela física até hoje. Além disso, a partícula transportadora da gravidade ainda não foi encontrada. Tal partícula, contudo, foi prevista e poderá ser encontrada um dia: o gráviton. Felizmente, os efeitos da gravidade são extremamente pequenos na maioria das situações em física de partículas, quando comparado aos das outras três interações, assim, teoria e experimentos podem ser comparados sem incluir a gravidade nos cálculos. Portanto, o Modelo Padrão funciona mesmo sem explicar a gravidade.”*
>
> *(http://www.cepa.if.usp.br/aventuradasparticulas/frames.html - acesso em 01/08/2013)*

O próprio site faz um questionamento em um link para outra página: “Eu ainda não entendi”. Clicando-se no link abre-se a seguinte resposta:

> *“Nós sabemos como calcular as forças gravitacionais, mas não sabemos como integrar a gravidade às demais interações utilizando a matemática da Teoria Quântica do Modelo Padrão. O fato de ainda não termos visto o gráviton até agora, não é importante para o Modelo Padrão porque estamos considerando somente um nível subatômico das partículas, onde a gravidade não tem um papel muito importante. Do mesmo modo que as leis da mecânica de Isaac Newton não estavam erradas, mas precisavam ser ampliadas por Einstein para serem mais precisas sobre os deslocamentos a altas velocidades, nós precisamos ampliar o Modelo Padrão para uma nova teoria que explicará a gravidade completamente”*
>
> *(http://www.cepa.if.usp.br/aventuradasparticulas/frames.html - acesso em 01/08/2013)*

Até aquele momento, os alunos apenas ficaram interagindo com o computador e entre os grupos menores. A partir desse ponto foi iniciada a discussão da aula. Como uma teoria aceita pela comunidade científica descreve uma entidade que não foi encontrada? Ele apenas é previsto teoricamente, isso é o suficiente? Existem outros momentos que previsões matemáticas foram utilizadas sem que a "entidade" fosse encontrada?

A discussão caminhou, de forma intencional, para o Bóson de Higgs e sua previsão anterior ao seu descobrimento. E posteriormente, para dar maior solidez à discussão, o caso do planeta Netuno, que é previsto matematicamente antes de sua descoberta, foi apresentado. Ao final, o questionamento seguinte foi feito: "precisamos descobrir tudo para construirmos tecnologias que utilizem esses conceitos? "

No fechamento do módulo, de forma a dar uma abertura ao módulo seguinte, foi destacada uma passagem do site, onde destaca o termo "ver" o gráviton. Assim, módulo foi concluído com um questionamento: é possível ver o átomo ou quaisquer umas dessas partículas?

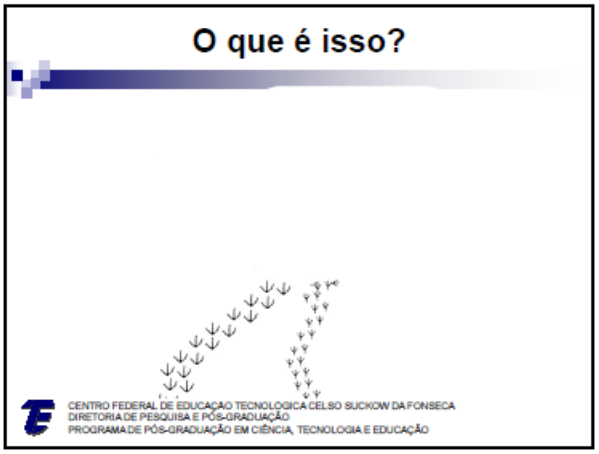
II.2.4 MÓDULO 4

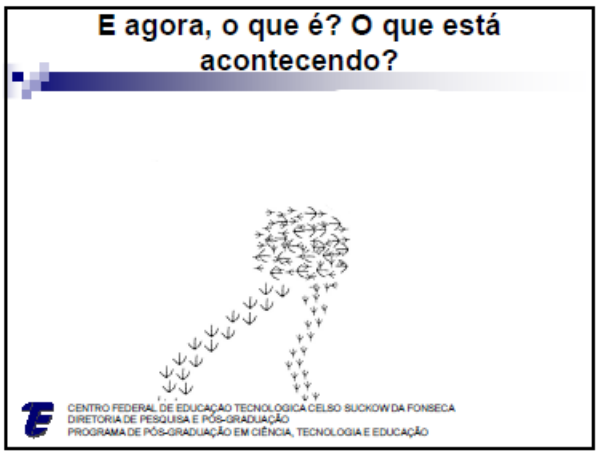
O *Módulo 4*, como já apresentado, iniciou com um Pré-teste. Esse questionário fechado já foi aplicado e seus resultados publicados em Toledo & Braga (2012). Assim, seus resultados foram comparados com os publicados e com os do próprio trabalho.

Posteriormente a esse questionário, foi feita uma apresentação do Realismo e Antirrealismo Científico, abaixo mostrada e comentada:

A apresentação iniciou com questionamento sobre os registros de pegadas de pássaros.







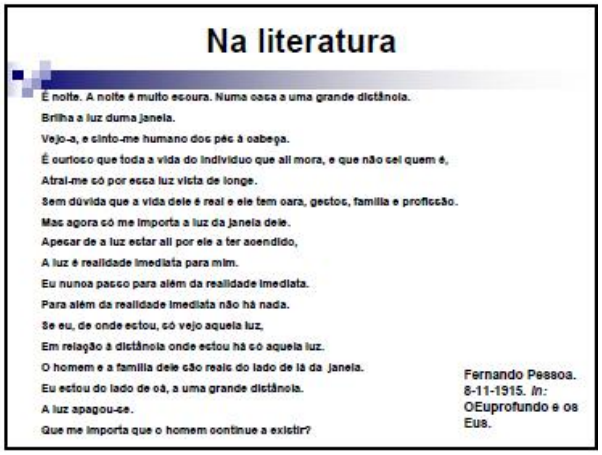


Na segunda parte foram apresentados alguns quadros do pintor René Magritte e um poema de Fernando Pessoa. Esses quadros e esse poema apresentam um questionamento da realidade, assim, motivados por eles, o professor começou a questionar a realidade dos modelos na ciência.









[7]

Nesse momento dois vídeos são apresentados. O primeiro[8] mostra de maneira virtual o funcionamento do LHC. Através de uma animação, ele reproduz o caminho percorrido pelos prótons através dos túneis até a colisão. Na colisão, ainda de maneira virtual, ele mostra como os cientistas vêem o resultado. O segundo[9] vídeo mostra uma gravação amadora feita durante um experimento da câmara de nuvens ou câmara de Wilson. Nele, a câmera mostra a câmara de nuvens quando um rastro é deixado por uma possível partícula.

O questionamento com o primeiro vídeo, em conjunto com a arte, foi o seguinte: se não vemos as partícula se chocando e só vemos os registros gerados pela colisão, qual a diferença entre isso e as pegadas dos pássaros na areia? Foi assim problematizado que na ciência trabalhamos com registros e não necessariamente com os objetos. Logo, existem entidades inobserváveis na ciência.

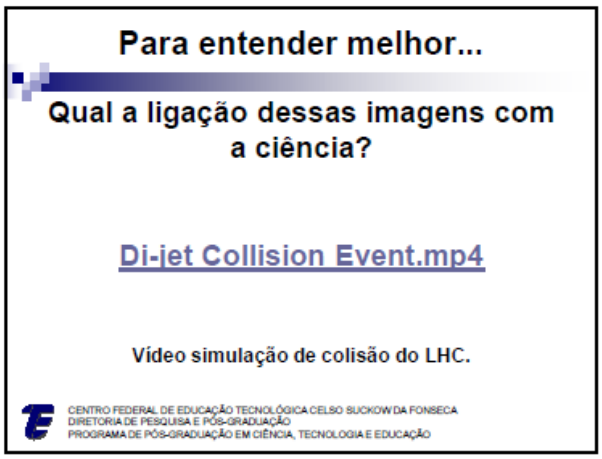
Utilizando o segundo vídeo, da câmara de nuvens é destacado o final do filme, no qual em certo momento um rastro de álcool condensado aparece. O produtor do filme diz “isso é uma partícula”. O questionamento foi feito aos alunos: onde está a partícula? Nós estamos vendo o quê? Esse vídeo foi escolhido, pois não é só uma simulação computadorizada, mas um vídeo que realmente “mostra” uma partícula. Os alunos foram confrontados com a realidade de que existem partículas que não vemos na ciência.

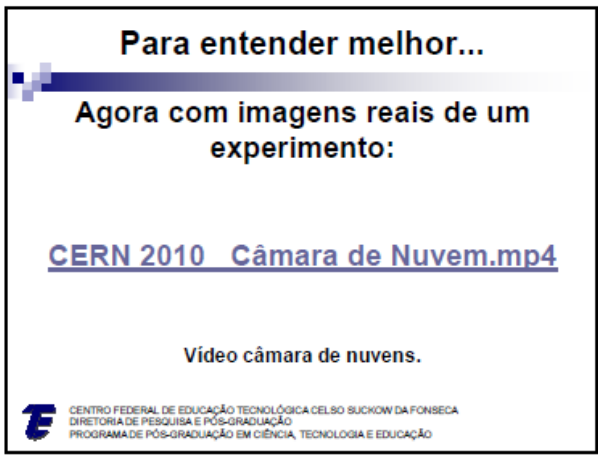
---

[7] Descrição do texto do slide: “É noite. A noite é muito escura. Numa casa a uma grande distância./Brilha a luz duma janela./Vejo-a, e sinto-me humano dos pés à cabeça./É curioso que toda a vida do indivíduo que ali mora, e que não sei quem é, Atrai-me só por essa luz vista de longe./Sem dúvida que a vida dele é real e ele tem cara, gestos, família e profissão./Mas agora só me importa a luz da janela dele./Apesar de a luz estar ali por ele a ter acendido,/A luz é realidade imediata para mim./Eu nunca passo para além da realidade imediata./Para além da realidade imediata não há nada./Se eu, de onde estou, só vejo aquela luz,/Em relação à distância onde estou há só aquela luz./O homem e a família dele são reais do lado de lá da janela./Eu estou do lado de cá, a uma grande distância.
A luz apagou-se./Que me importa que o homem continue a existir?”

[8] Disponível em www.youtube.com/watch?v=wQpGIG75_iM. Acesso em 06/03/2014.

[9] Disponível em www.youtube.com/watch?v=VanK_1jOTSo. Acesso em 06/03/2014.

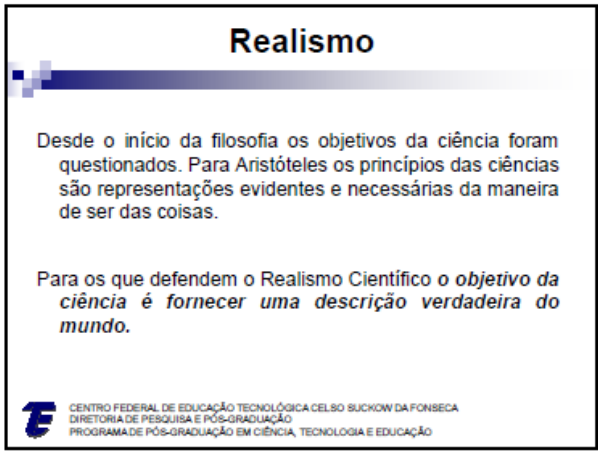




A aula continua, agora com a discussão do Realismo e do Antirrealismo Científico. As duas teorias filosóficas são apresentadas e discutidas dentro dos exemplos apresentados e de outros que surgem durante a aula. Os argumentos dos dois lados são apresentados aos alunos.

Nesse momento, foi escolha do pesquisador apresentar os argumentos e discuti-los, pois entende-se que o assunto possui um grau de complexidade alto e a elaboração dos argumentos pelos alunos poderia ser um processo muito complexo e demorado.





Realismo

Mas o que é o ***realismo científico?***

Segundo *Bas van Fraassen* uma definição para o realismo científico é:

"A ciência visa dar-nos em suas teorias um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é, e a aceitação de uma teoria científica envolve a crença de que ela é verdadeira."

Ou seja, a ciência é um processo de descoberta do mundo, na qual as teorias cada vez mais se aproximam da verdade.

Realismo

Observando a História da Ciência temos diversos exemplos de que uma teoria é "superada", sendo assim ela não era verdadeira? A reação do realista é reconhecer que as teorias mais antigas não eram completamente verdadeiras, mas apenas aproximativamente, e que as teorias subsequentes estão melhorando nessa aproximação e conduzindo-nos cada vez mais perto da realidade.

Realismo

Para ilustrar essa posição realista, considere a teoria cinética dos gases, que diz que o volume de um gás contém uma grande quantidade de entidades muito pequenas em movimento. Estas entidades – as moléculas – são inobserváveis.

Podemos deduzir da teoria cinética várias consequências sobre o comportamento observável dos gases, como exemplo que o aquecimento de uma amostra de gás causará a expansão se a pressão permanecer constante, o que pode ser verificado experimentalmente.

Realismo

Ou seja, os realistas afirmam que as moléculas existem, pois o modelo faz as previsões exatas sobre o mundo observável.

Essa questão de entidades observáveis e inobserváveis é o debate entre os realistas e antirrealistas.

Mas exatamente *o que são entidades observáveis e inobserváveis*?

Realismo

A *parte observável* do mundo refere-se ao mundo de mesas e cadeiras, de árvores e animais, de tubos de ensaios e bicos de Bunsen, de trovoadas e nevascas, e assim por diante. Coisas que podem ser percebidas diretamente pelos sentidos humanos.

A *parte inobservável* seriam átomos, elétrons, *quarks*, *leptons*, entre outras que fogem aos sentidos humanos.

Realismo

Com relação às entidades observáveis e às ciências que as estudam não existe divergência, no entanto com relação à parte inobservável cria-se um debate entre realistas e antirrealistas.

Lembrando, que para os realistas elétrons e *quarks* procuram responder a realidade do mundo subatômico, assim são tentativas de representar o real. Podendo até serem mudados os modelos, mas unicamente com o objetivo de se aproximar mais ainda do real.

ANTIRREALISMO

Antirrealismo

O antirrealismo é uma proposta de oposição ao realismo científico. Utilizando o exemplo anterior, para os antirrealistas os elétrons e *quarks* são entidades fictícias úteis introduzidas pelos físicos a fim de ajudá-los a prever fenômenos observáveis.

Assim, segundo van Fraassen:

"o antirrealismo é posição segundo qual o objetivo da ciência pode bem ser atendido sem fazer o relato verdadeiro, e a aceitação de uma teoria pode, de modo apropriado, envolver algo menos (ou diferente) que a crença de que ela é verdadeira."

Antirrealismo

Podemos dizer então, que os elétrons não precisam existir para que os objetivos da ciência sejam alcançados. Pode-se eletrizar um corpo por atrito ou criar e ligar uma lâmpada fluorescente sem afirmar se os elétrons são uma verdade.

Argumentos a favor e contra o Realismo e o Antirrealismo

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Argumento do Milagre

Realista

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Argumento do Milagre

Um desses argumentos a favor do realismo é o "*argumento do milagre*". Para os realistas seria uma coincidência extraordinária se uma teoria que fala sobre elétrons e átomos fizesse previsões exatas sobre o mundo observável, a menos que os elétrons e os átomos existam realmente, similarmente os avanços tecnológicos, exemplo *laser*.

Dessa perspectiva, *ser um antirrealista é acreditar em um milagre*. Uma vez que é obviamente melhor não acreditar em milagres quando uma alternativa não milagrosa está disponível, assim devemos ser realistas e não antirrealistas

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Argumento do Milagre

A resposta dos antirrealistas é baseada na História da Ciência. Há muitos casos de teorias que acreditávamos e que agora são falsas, mas que foram empiricamente bastante bem-sucedidas em seu tempo.

Larry Laudan, filósofo da ciência, lista alguns casos:

- as esferas cristalinas da astronomia grega (aristotélica);
- os humores da medicina medieval;
- a geologia catastrofista;
- o flogisto;
- o calórico;



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Argumento da distinção entre *observável* e *inobservável*

Realista

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

Argumento da distinção entre *observável* e *inobservável*

Proposta Grover Maxwell:

"Considere uma sequência de eventos: olhar a olho nu, olhar algo por uma janela, olhar por um óculos de forte graduação, olhar para algo com binóculo, olhar algo através de um microscópio de baixa potência e olhar algo através de um microscópio de alta potência, assim por diante. Esses eventos estão em uma regularidade contínua. Quando decidimos, então, o que conta como observável e aquilo que conta como inobservável? Um biólogo pode observar um micro-organismo com seu microscópio de alta potência, ou pode apenas detectar a sua presença da maneira como o físico pode detectar a presença de um elétron numa câmara escura?"

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

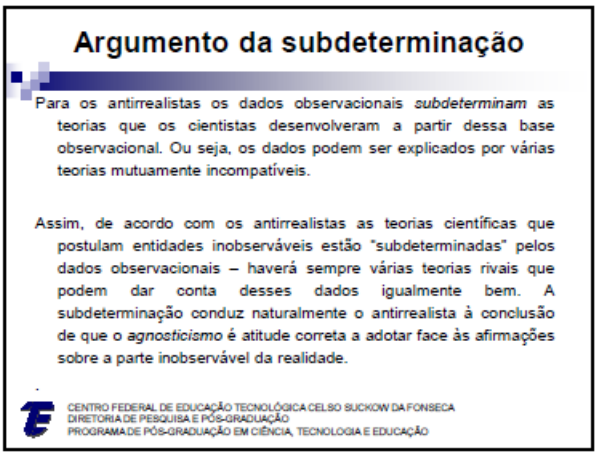
Argumento da distinção entre *observável* e *inobservável*

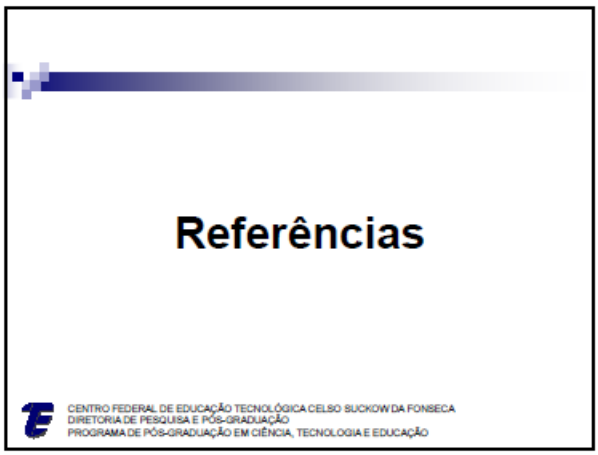
Bas van Fraassen propõe a resposta de que os argumentos de Maxwell só mostram que *observável* é um conceito vago. Um conceito vago é um conceito que tem casos de fronteira em que não é claro se algo *cai* ou *não cai* sob o conceito.

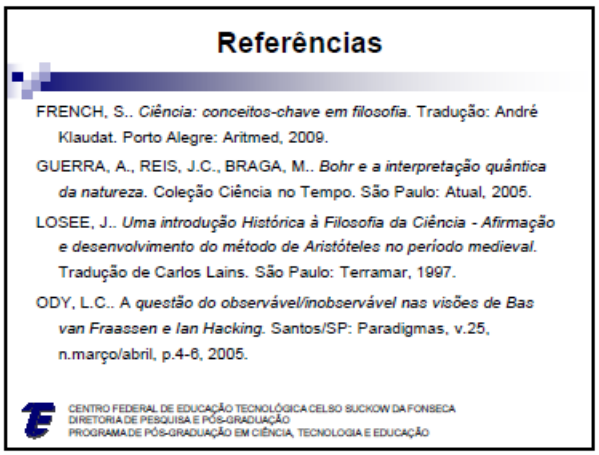
"*Calvo*" é um exemplo óbvio. Uma vez que a queda de cabelo ocorre em graus, há muitos homens a respeito dos quais é difícil dizer se são calvos ou não. Mas van Fraassen chama atenção para o fato de que os conceitos vagos são perfeitamente usáveis, e que podem indicar distinções genuínas no mundo (de fato, a maior parte dos conceitos são vagos, pelo menos em certa medida).

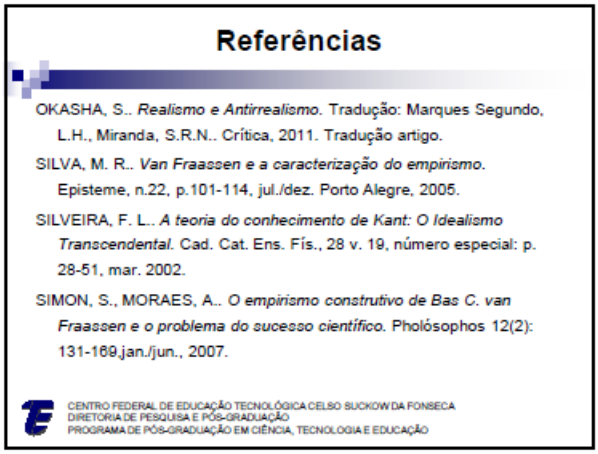
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO

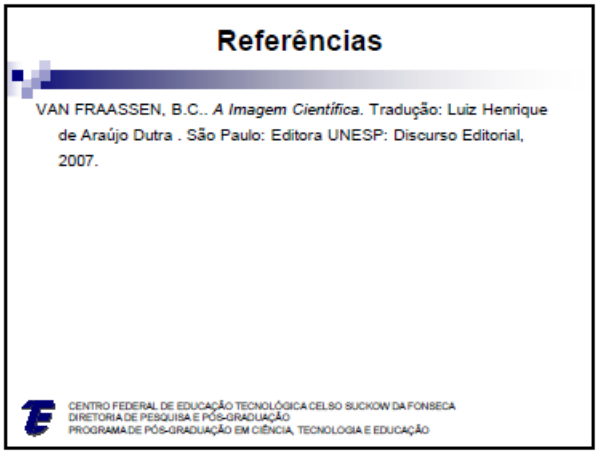












O grande questionamento deste módulo é: *se em algum momento teremos um vencedor desse debate e se precisamos de um?*

Os argumentos das duas posições filosóficas foram apresentados e discutidos para que os alunos solidificassem suas posições. Também era possível que trocassem de visão. Isso foi observado na pesquisa.

A partir desses módulos a pesquisa foi realizada e os resultados dela serão apresentados no próximo capítulo.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa. O trabalho foi embasado em dois pontos (i) Modelos e (ii) Realismo e Antirrealismo. Nos dois pontos, **a pesquisa procurou verificar se os alunos complexificaram suas visões ao longo do curso.** Como o curso procurou não ser tendencioso, espera-se apenas que os discursos dos alunos se tornem mais sólidos e que eles tenham tido a oportunidade pensar sobre questões da Filosofia da Ciência. Dentro da pesquisa, a forma na qual o autor decidiu por apresentar os resultados foi a partir de exemplos dos discursos dos alunos. O objetivo era complexificar opiniões, conforme dito acima, logo o pesquisador destacou ao longo dos questionários a "evolução" das respostas. Assim, em cada exemplo, por vezes repetitivos, a proposta é demonstrar que em muitos alunos o resultado foi alcançado.

Na parte ii, Realismo e Antirrealismo, foi feita a comparação com os resultados já apresentados no trabalho Toledo & Braga (2012). Nessa mesma parte, os exemplos, em sua maioria, deverão demonstrar se os alunos que eram indecisos, ou seja, pouco complexificados no assunto passaram a ter algum tipo de visão menos indecisa. Assim como, verificar se o curso fez algum aluno mudar de visão e/ou complexificar mais ainda uma posição anteriormente tomada.

III.1 MODELOS

A primeira análise dessa pesquisa foi feita comparando perguntas abertas de diferentes questionários aplicados em diversos momentos do curso ministrado, objeto da pesquisa. Nessa introdução aos resultados, as questões comparadas foram:

Questão 1 do Questionário Inicial: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".

Questionamento do Módulo 1: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?

Questão 1 do Questionário Final: "O que representa um modelo pra você?"

Questão 2 do Questionário Final: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".

Ao analisar a *questão 1 do questionário inicial*, algumas conclusões podem ser retiradas. A primeira é que os alunos não entenderam que, nesse caso, o coração representa um modelo. Para 43% (quarenta e três por cento) dos alunos, o coração representado por aquela imagem é igual ao seu coração. Esse grupo, em sua maioria, acredita que o seu coração é igual, pois o livro didático tem a função de representar "fielmente" como ele é. Eles não conseguem diferenciar que o coração desenhado é uma imagem, um modelo. De forma ingênua, eles não questionam o que é um modelo. O grupo restante, 57% (cinqüenta e sete por cento), entende que a imagem não representa seu coração. No entanto, a maioria das respostas é ingênua. Para eles, o coração no livro didático não os representa, pois é uma imagem apenas. Poucos conseguem entender que seu coração pode ser diferente e que aquilo é um modelo de coração. Como esperado, nenhum aluno utiliza a palavra "modelo" nessa reposta.

O questionamento do Módulo 1 é aplicado após a “Atividade da Caixa”. A maioria dos alunos teve um bom desempenho nessa resposta. Ou seja, conseguiram aprofundar e complexificar seus argumentos e visões. Quase todos responderam que os modelos eram analogias que ajudavam a explicar, e que essas analogias não eram verdades absolutas.

A “Atividade da Caixa” também foi extremamente produtiva os alunos. Eles ampliaram o conceito de modelos na ciência. O debate para saber de quem era o modelo mais correto, assim como o processo de elaboração do modelo, foram importantes no curso. Na conclusão, quando a caixa não é aberta, apesar das frustrações, os alunos idealizaram e concordaram que na natureza a caixa nunca é aberta. Esse ponto é fundamental para o entendimento da veracidade dos modelos. O reflexo desse momento pode ser percebido no questionário final, aplicado três semanas após essa aula.

As duas últimas questões dessa análise foram as do questionário final. A pergunta um era mais pessoal e as respostas variaram, porém a maioria apresentou-se de forma coerente com que foi discutido em sala na atividade. A resposta dois, mais direta, queria avaliar se os alunos entenderam a volatilidade dos modelos na ciência. Que eles podem e devem mudar e isso não diminui sua importância. A grande maioria dos alunos afirmou que os modelos na ciência não são verdades únicas e eles podem mudar. Com relação ao grau, os alunos não entenderam o termo “grau”. Eles responderam que o modelo não tinha grau de verdade, pois eles podiam mudar. A obrigação com a verdade, para eles, era total, pois os cientistas quando construíam os modelos acreditavam que eles representavam a verdade.

Assim, com relação aos modelos, o curso se mostrou bem efetivo, pois desenvolveu o conceito nos alunos, complexificou o tema e solidificou a visão de cada um. A proposta do

curso é atendida quando os alunos demonstram que suas visões passam de ingênuas para mais elaboradas ou complexificadas. No ponto seguinte, todos os resultados aqui apresentados são exemplificados e comentados:

Exemplo 1: Aluno 3

O aluno, no primeiro questionário, tem uma posição de que o coração representado não é igual ao dele, pois ele não real. O desenho é uma representação, alterada, do real. Para ele, não é função do livro didático representar um coração real, pois ele é algo abstrato.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*
>
> *Resposta: "Nosso coração é algo concreto (...). A imagem do coração em um livro é uma tentativa de explicar apenas uma parte do coração humano, não de reproduzi-lo fielmente, é **algo abstrato**, uma representação alterada do real." (Aluno 3).*

No segundo momento, após o módulo 1 sobre modelos, o aluno altera sua posição. Para ele, o modelo não é mais uma representação, ou uma descrição, mas sim uma analogia. Essa analogia não é, necessariamente, verdadeira, ela pode, de certa forma, ser falsa. Os modelos são interpretações do que ele julga real. Nota-se uma clara complexificação no discurso do aluno. O modelo deixou de ser algo que era o real, a não ser pelo fato de ser um desenho, para ser uma analogia. Essa posição é muito mais próxima à posição entendida pela Filosofia da Ciência.

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*
>
> *Resposta: "São analogias. Para que fossem descrições, eu teria que ter certeza absoluta e incontestável que é real (...).". "(...) os modelos são interpretações minhas daquilo que eu julgo real, mas que pode não ser (...)." (Aluno 3).*

No questionário final, após todo o curso, o modelo passa ser, para o aluno, uma suposição. Ele tem características que podem levar tal suposição a ser verdade. No entanto,

eles não possuem a obrigação de ser verdade. Segundo ele, nunca teríamos um grau exato de verdade para esse modelo.

> *Pergunta: "O que representa um modelo pra você?"*
>
> *Resposta: "Um modelo é uma análise de uma suposição, em esquema que apresenta características que podem levar tal suposição a ser verdade, a ser comprovada como real." (Aluno 3).*

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "Não. (...). Eles (modelos) podem ser comprovados como não verdadeiros e nunca há um grau de verdade exato definido (...)." (Aluno 3).*

Em análise das respostas, concluímos que houve uma problematização de seus conceitos. Suas posições tornaram-se muito mais sólidas. Notou-se também, que ocorreu uma mudança clara de conceito sobre modelos. De uma visão ingênua, ele passou para uma visão mais complexificada. Os módulos ajudaram a problematizar a Natureza da Ciência para esse aluno.

Exemplo 2: Aluno 4

O aluno entende que o modelo de coração do livro é idêntico ao dele, pois ele mostra vários detalhes. Ele entende que se olharem o coração dele e compararem com o do livro eles serão parecidos. Ele não distingue que o coração do livro é um modelo e não como uma foto de um coração similar ao dele.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*
>
> *Resposta: (SIM) "(...) porque deve ser mostrado o mais real possível, e nos livros, apesar de não ser totalmente idêntico, ele mostra vários detalhes." (Aluno 4).*

No questionamento do módulo 1, o aluno muda completamente sua visão sobre o modelo. Para ele, não se pode ter certeza de sua verdade. E mais, ele é apenas uma “forma” de acrescer algo que deve ser explicado. Assim, ele entende que o modelo é mais que o desenho e sim a explicação como todo. O que está representado é apenas uma parte do que foi, como ele afirma, “criado”. Ou seja, o modelo é criado para explicar algo. O aluno complexificou bastante sua posição do questionário inicial para o questionário do módulo 1.

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam a explicar?*
>
> *Resposta: “Analogias, já que você pode ou não ter certeza sobre o objeto. Pode apenas ser um modelo, um molde do objeto só para ajudar a facilitar a visão das pessoas para quem você poderá explicar (...).” (Aluno 4)*

Cerca de três semanas depois a posição do aluno não sofre tanta variação do módulo 1 ao questionário final. Isso demonstra que a posição, em parte, ficou complexificada e solidificada em seu conhecimento. A problematização o fez se posicionar e entender modelo de outra forma. Nota-se que o professor do curso não passou uma definição do que era modelo para os alunos. As conclusões foram tiradas dos debates e questionamentos do professor.

> *Pergunta: “O que representa um modelo pra você?”*
>
> *Resposta: “(Modelo é) Algo que pode ser usado como exemplo para mostrar algo ou para explicar.” (Aluno 4).*
>
> *Pergunta: “Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?”.*
>
> *Resposta: “Não se sabe se é verdade, ou não, pois cada cientista/filósofo tem sua linha de pensamento.” (Aluno 4).*

O modelo para ele deixa de ser uma verdade única e se torna apenas uma das muitas possíveis visões. Ratifica-se que a problematização do debate sobre os modelos construiu, nesse aluno, uma visão mais complexificada e sólida. Não se percebe uma mudança brusca nas repostas a partir do Módulo 1. A grande mudança ocorre do questionário inicial para o Módulo 1.

Exemplo 3: Aluno 5

O aluno entende que o coração não é igual ao seu, pois foi feito a partir de um coração de outra pessoa. Assim, ele não entende o que ele representa, que é um modelo de coração e não um coração de verdade. Pra ele, o coração é de verdade, mas diferente do seu por complexidades fisiológicas.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*
>
> *Resposta: "Não, pois os corações que vemos nos livros didáticos são corações de outras pessoas, que foram analisados e reproduzidos para estudos específicos e não representa características do meu coração." (Aluno 5).*

A resposta do Módulo 1 desse aluno foi a primeira em falar em consenso. Esses modelos são hipóteses baseadas nas experiências de cada um até chegar a um consenso. O aluno se posicionou de maneira bem complexificada sobre o tópico. Para ele ficou claro que, esse modelo é um consenso e que ele pode, ou não, ser uma verdade. Entretanto, ele é o que se tem para explicar algo. Entende também que esse modelo, para ele material, é parte de uma explicação. Ele não entende que o modelo é o todo, mas entende que o produto, modelo, é complementado por uma "teoria".

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*
>
> *Resposta: "(Os modelos) são apenas analogias que servem para tentar explicar a realidade, não são e não representam as coisas materiais, pois partem de hipóteses e das experiências de cada um até chegar a um consenso de todas as ideais." (Aluno 5).*

Mantendo a linha da sua resposta do Módulo 1, o que mostra solidez na resposta, o aluno entende que o modelo é algo maior do que a representação apenas. Ele é utilizado para explicar alguma coisa de um mundo, que para ele, é real.

> *Pergunta: "O que representa um modelo pra você?"*

> *Resposta: "Os modelos são representações que são criadas para explicar uma determinada coisa ou acontecimento que se dá no mundo real." (Aluno 5).*

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "Os modelos tem sim a obrigação da verdade, porém vemos que os modelos nem sempre são baseados na verdade. Não podemos julgar o grau de verdade dos modelos, pois todos se aproximam o mínimo da realidade." (Aluno 5).*

Entende, o aluno, que o autor do modelo tem uma obrigação de representar uma verdade, porém não necessariamente ele é uma verdade. O criador do modelo busca representar um real, mas não se saberá se ele é ou não. Vale uma maior observação para a resposta desse aluno, pois ele entende que o modelo é construído e não está na natureza. Mais uma vez, fica complexificada a posição do aluno sobre modelo.

Exemplo 4: Aluno 6

O aluno inicia a pesquisa afirmando que os modelos são "cópias" generalizadas da realidade. Para ele, se fosse possível colocar todas as exceções em um modelo, este seria verdade. No caso da pergunta, as anomalias no coração são infinitas, mas, em um caso mais simples, sim poderíamos ter um modelo equiparável a realidade.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*
>
> *Resposta: (SIM) "O padrão dos livros didáticos é generalizado. Ele não apresenta as disfunções ou anomalias (...)." (Aluno 6).*

Em um segundo momento, já após o Módulo 1, ele muda o discurso. Para ele, agora, o modelo é uma construção criado pelo ser humano útil para explicar o real. Esse modelo pode ou não ser verdadeiro. Destaca-se que o aluno consegue entender que os modelos vão se aperfeiçoando, ou mudando, ao longo do tempo.

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*
>
> *Resposta: "Os modelos que são construídos (...).". "(...) nós criamos modelos para nos aproximar do que pode ser real, e através dos tempos essas explicações sofrem aperfeiçoamento ou são derrubadas por outros." (Aluno 6).*

O aluno mantém o discurso sólido sobre modelos no questionário final.

> *Pergunta: "O que representa um modelo pra você?"*
>
> *Resposta: "Um modelo é a representação da realidade com o objetivo de explicá-lo, porém não necessariamente estando correta ou errada."(Aluno 6).*

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "Sim, pois seus objetivos são de explicar a realidade, contudo, o grau de verdade é questionável, já que os modelos não são 100% verdade ou mentira." (Aluno 6).*

Fica patente que a problematização dos modelos em sala aula trouxe uma solidez à sua fala.

Exemplo 5: Aluno 9

Como outros alunos, esse aluno tem uma posição inicial bem ingênua sobre modelos. Para ele, é possível de alguma forma criar um modelo real se estudos forem feitos. Ele não observa o conceito de modelo na pergunta.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*
>
> *Resposta: "Caso sejam feito estudos é possível chegarem ao mais próximo da realidade." (Aluno 9).*

No segundo momento, sua visão se torna menos ingênua. Ele já afirma que não podemos ter certeza se o modelo é verdadeiro. E mais, ele entende que podem existir diversos modelos que expliquem o mesmo fenômeno e eles possuem o mesmo status.

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*
>
> *Resposta: "Analogias, já que podemos obter várias hipóteses que podem ser verdadeiras ou não. Todas com uma explicação lógica conseguem explicar os fenômenos, sem 100% de certeza." (Aluno 9).*

O aluno acaba por misturar ideias no questionário final. Por suas respostas, não ficou claro para o aluno a discussão sobre modelo.

> *Pergunta: "O que representa um modelo pra você?"*
>
> *Resposta: "O modelo existe para comprovar ou demonstrar uma 'verdade' (...)." (Aluno 9).*

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "O modelo não necessita ser verdade, mas precisa demonstrar uma (...)." (Aluno 9).*

A pesquisa não identificou o motivo desse ponto fora da curva. De alguma forma, esse aluno necessitaria de uma abordagem diferenciada.

Exemplo 6: Aluno 13

Já esse aluno fez observações bem fundamentadas. No primeiro momento, ele afirma que o modelo não é igual, pois é um desenho, porém ele tenta ser o mais real possível. A mesma visão ingênua registrada nos outros alunos.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*

> *Resposta: "O modelo do livro é bidimensional e o nosso coração é tridimensional. No entanto, ele tenta representar fielmente o coração real." (Aluno 13).*

O segundo momento é bem conceituado. Ele afirma que os modelos são descrições, pois tentamos representar o real. No entanto, como não temos a certeza de como o real é, o modelo também é uma analogia. O aluno acredita em uma resposta final, ou seja, uma realidade final. Uma visão bem Realista.

Ele, porém, tem ainda uma visão que o modelo deve ser apenas uma forma de visualizar uma teoria. Essa é uma forma ingênua, ou apenas parcial, de entender-se um modelo.

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*
>
> *Resposta: "São ambos, pois, ao mesmo tempo em que estou descrevendo a realidade por meio de modelos, não tenho como comprovar que o modelo é uma cópia fiel. Dessa forma, ele também será uma analogia. (...) O questionamento da realidade nos levará a uma resposta final. Os modelos nos ajudam a visualizar uma teoria." (Aluno 13).*

Ao final, ele afirma que o modelo é uma exposição fiel de uma ideia. Afirmando assim, que o modelo é uma ideia ou hipótese. E não, necessariamente, representa uma verdade.

> *Pergunta: "O que representa um modelo pra você?"*
>
> *Resposta: "O modelo seria uma exposição 'fiel' de alguma ideia." (Aluno 13).*

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "Numa visão mais específica, o modelo tem obrigação de nos aproximar de uma verdade. Numa visão mais geral, o modelo não precisa ser verdade." (Aluno 13).*

Ao final, o aluno conseguiu complexificar sua visão atendendo ao objetivo do curso.

Exemplo 7: Aluno 16

O aluno, no Pré-teste, tem uma visão de que o modelo deve representar a verdade.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*
>
> *Resposta: (Sim). "O coração do livro tem função de representar a verdade." (Aluno 16).*

No segundo momento, ele já começa a questionar os modelos, entendendo que não são uma verdade inquestionável. Os modelos são analogias que podem não ser verdade.

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*
>
> *Resposta: (Analogias). "Não podemos ter certeza dos modelos, eles são questionáveis." (Aluno 16).*

Na avaliação final, o aluno entende, ainda que ingenuamente, que o modelo é algo experimental que complementa uma teoria. Ele não consegue entender que o modelo pode ser, e é algo tão teórico quanto a teoria. Pode-se dizer que ele é a própria teoria ou parte dela.

> *Pergunta: "O que representa um modelo pra você?"*
>
> *Resposta: "Algo experimental que ajudará complementar uma teoria." (Aluno 16).*

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "Não, pois os modelos científicos tentam se aproximar cada vez mais da verdade e da realidade." (Aluno 16).*

Um destaque que pode ser dado neste caso, é que o aluno consegue perceber que esse modelo é mutável. Essa percepção é uma das mais enfatizadas no curso, pois, por ingenuidade, os alunos, quiçá professores e cientistas, acreditam, ou não referiram sobre, que os modelos são coisas imutáveis. E que essa renovação, se assim pode-se chamar, é algo natural das ciências.

Dessa forma, a aluno complexificou o conceito de modelos, mesmo com algumas ingenuidades por definições, e modificou sua análise sobre o tema.

Exemplo 8: Aluno 17

O aluno, como a maioria, tem uma visão ingênua do modelo representado pelo desenho no livro. Ele, como outros, não consegue identificar que o coração desenhado representa um modelo. Para eles, o coração do livro didático poderia ser uma fotografia.

> *Pergunta: "Quando olhamos a imagem do coração no livro didático, este é igual ao seu coração?".*
>
> *Resposta: "Sim, pois no livro é apenas uma representação do órgão. No entanto, a imagem (abstrata) não possui a mesma função do nosso coração." (Aluno 17).*

No segundo momento, o aluno dá um salto epistemológico. Ele faz afirmação que o modelo construído está impregnado da percepção e do conhecimento do seu autor. Essa problematização é extremamente complexa, já que ele passou a entender que a ciência não é neutra. Com a afirmação do aluno, podemos perceber que, para ele, a ciência e suas teorias dependem dos seus personagens, que não estão isolados e não são gênios. Eles possuem percepções que podem estar erradas e o conhecimento deles é limitado.

> *Pergunta: Os modelos que eu construo da realidade são descrições ou são analogias que ajudam explicar?*
>
> *Resposta: (Analogia). "Os modelos são hipóteses a partir da percepção e do conhecimento o indivíduo. Após isso, ele faz uma analogia do que acha ser mais próximo da realidade." (Aluno 17).*

Ainda nessa mesma resposta, o aluno vai mais fundo dizendo que esse modelo é o que o autor acha ser mais próximo da verdade. Além de questionar a veracidade do modelo, ele ainda afirma que esse modelo é o que o autor acredita. Ou seja, que esse modelo não é uma representação da natureza, mas sim uma hipótese de uma pessoa.

No momento final, o aluno afirma que existe uma verdade absoluta. Ele afirma a mesma visão do Módulo 1. Assim, vemos que a complexificação foi solidificada em seu conhecimento.

> *Pergunta: "O que representa um modelo pra você?"*
>
> *Resposta: "Um modelo pra mim representa uma tentativa de chegar a uma verdade absoluta." (Aluno 17).*

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "Sim, pois os modelos tentam descobrir uma verdade, mas podem ter ou não um grau de verdade." (Aluno 17).*

O aluno de forma coerente conclui que ao criar um modelo a pessoa busca representar a verdade, porém esse modelo não necessariamente é uma verdade.

Os módulos foram muito bem aproveitados por esse aluno. Presente e participativo em todas as aulas, ele cumpriu o objetivo do curso que, nessa primeira análise, era discutir a questão de modelos. Ele atingiu um alto grau de complexificação. Ótimo aproveitamento.

III.2 REALISMO X ANTIRREALISMO

A segunda fase dos resultados procurou explorar a controvérsia Realismo e Antirrealismo. No primeiro momento dessa análise, foi utilizado o Módulo 4, Realismo x Antirrealismo, da pesquisa da dissertação que contou com um questionário objetivo, que tinha por caráter classificar a visão do aluno em Realista ou Antirrealista.

Esse mesmo questionário já tinha sido aplicado a outros 230 (duzentos e trinta) alunos de outra escola. O resultado dessa primeira pesquisa foi divulgado na 2ª Conferência Latinoamericana do International History,Philosophy and Science Teaching Group – Mendoza/Argentina – Outubro/2012 (Toledo&Braga, 2012). Assim sendo, podemos utilizar os dados já publicados para compará-los com a pesquisa da dissertação.

O primeiro ponto que analisaremos será a quantidade de respostas Realistas e Antirrealistas em cada grupo de pesquisa, Grupo 1 – Pesquisa para a Conferência em Mendoza (Gráfico III.1) e Grupo 2 – Pesquisa da Dissertação (Gráfico III.2).

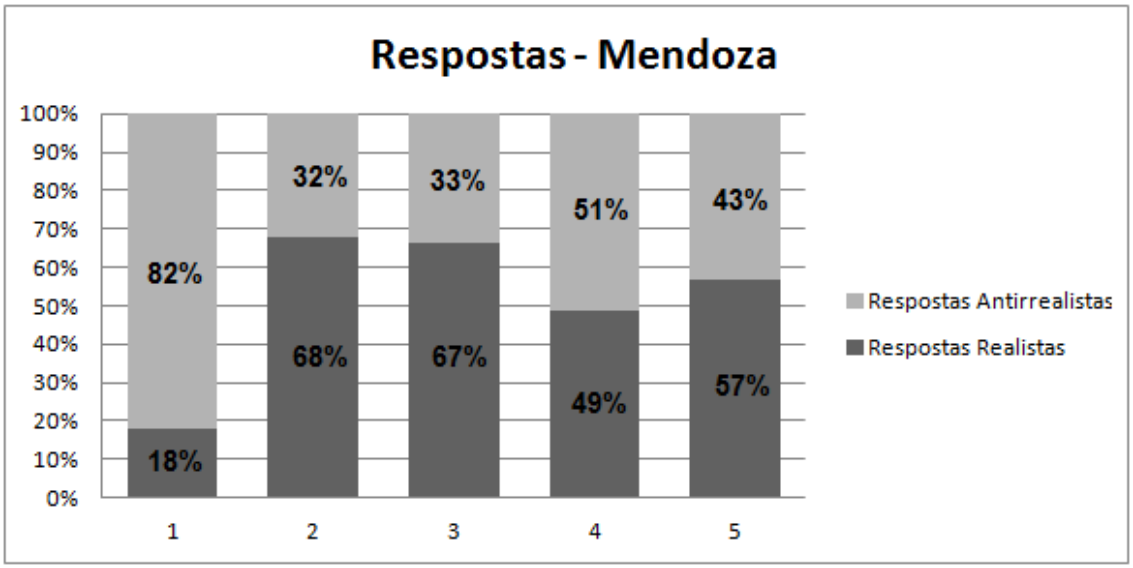


Gráfico III.1 – Respostas Grupo 1

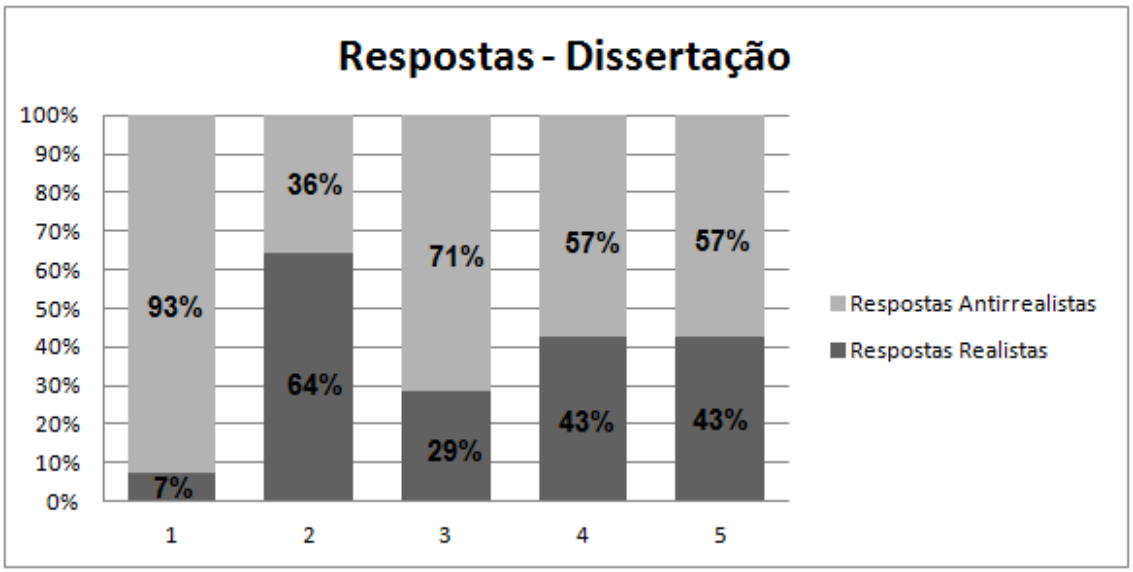


Gráfico III.2 – Respostas Grupo 2

Antes de analisar, vale destacar que as situações da aplicação dos questionários nos dois grupos foram diferentes. O primeiro grupo, respondeu ao questionário em uma situação rotineira de aula expositiva, sem nenhum debate de História e Filosofia da Ciência anterior. O segundo grupo, pelo contrário, já tinha participado, em sua maioria, dos três módulos iniciais da

dissertação: Módulo da Caixinha, Módulo do Debate Histórico e Filosófico da Evolução dos Conceitos de Energia e Quantidade de Movimento e Módulo sobre Física de Partículas.

A pergunta 1, sobre o rastro deixado no céu, possuiu o quantitativo das respostas bem próximo. Em ambos os grupos a grande maioria marcou a opção que o rastro deixado pode ser causado por outra coisa e não necessariamente por um avião. Em uma análise qualitativa dos debates em sala, nos dois grupos, muitos alunos destacaram que não, necessariamente, seria um avião, mas poderia ser um meteoro ou qualquer outra coisa no ar. Claramente essa é uma típica resposta Antirrealista. Ela está associada, por exemplo, a um rastro deixado em uma Câmara de Nuvens ou de Wilson. Os cientistas afirmam que aquele rastro deixado na condensação do álcool evaporado é uma partícula subatômica. A resposta do Realista é confirmar essa posição, pois a teoria afirma isso. O Antirrealista, pelo contrário, afirma que aquilo pode ser qualquer outra coisa a não ser uma partícula subatômica.

A pergunta 2, sobre o rastro deixado numa praia, possuiu também um quantitativo muito próximo. A resposta Antirrealista dessa pergunta, na avaliação qualitativa desse pesquisador, pode ter induzido esse resultado. Analisando os debates em sala, observou-se que os alunos questionavam a parte “(...), mas nada impede de ter sido feito por uma máquina.”. Para eles não fazia sentido alguém criar uma máquina para fazer pegadas na praia. Esse pesquisador esperava que as respostas das questões 1 e 2, desse questionário, tivessem resultados parecidos, porém, devido a essa indução, os resultados se inverteram. No entanto, em ambos os grupos o quadro se repetiu, o que mostra uma coerência entre os dois grupos.

A pergunta número 3, sobre a eletrização ser uma prova da existência do átomo, mostrou uma significativa inversão dos resultados. O grupo 1 possuiu a maioria de respostas Relistas, “sim, pois a teoria da eletrização só faz sentido se existirem elétrons.”. O grupo 2 apresentou a maioria das respostas Antirrealistas, “não, pois a teoria reponde ao problema da eletrização, mas não garante a existência dos elétrons.”. A hipótese que justifica essa mudança vem dos dados qualitativos da pesquisa da dissertação. Com o grupo 1 em nenhum momento foi discutida a questão dos modelos na ciência. Em contrapartida, o grupo 2 discutiu em três módulos a questão dos modelos na ciência. Nas observações sobre os debates, pode-se destacar que, em muitas ocasiões os alunos foram confrontados com esse questionamento. No módulo 1 da Caixinha, os alunos debateram a questão da construção de um modelo, seus problemas e limitações. Assim, o resultado discrepante nessa pergunta já era esperado.

A pergunta número 4, sobre a crença dos cientistas, recebeu respostas muito próximas nos dois grupos. As respostas são bem equilibradas, tendo uma leve tendência para a resposta Antirrealista, “não, pois os cientistas utilizaram a teoria mais atual que explicava o fenômeno e se aproveitaram da mesma para construir a lâmpada. Algum tempo depois poderá surgir uma

teoria diferente para explicar o funcionamento e mesmo assim a lâmpada continuará funcionando.”.

A pergunta número 5, sobre as verdades nas teorias da ciência, apresentou uma pequena inversão nos resultados. Enquanto no primeiro grupo 43% (quarenta e três por cento) foi antirrealista e 57% (cinqüenta e sete por cento) foi realista, no segundo grupo a porcentagem se inverteu, 57% (cinqüenta e sete por cento) foi antirrealista e 43% (quarenta e três por cento) realista. Como a diferença entre ambos é pequena não cabe levantar muitas hipóteses.

Reunindo todas as respostas podemos categorizar os alunos na seguinte forma: *Totalmente Realista,* de *Tendência Realista, Indecisos, Totalmente Antirrealista* e de *Tendência Antirrealista* conforme o número de respostas de cada grupo. A *Tabela III.1* relaciona o número de respostas *Realistas* e *Antirrealistas* com uma das categorias. Assim, por exemplo, se o aluno marcou cinco respostas Realistas ele é categorizado como Totalmente realista, assim por diante. Abaixo o critério para a categorização:

Tabela III.1 – Categorização das Respostas

	Respostas	
	Respostas Realistas	Respostas Antirrealistas
Totalmente Realista	5	0
Tendência Realista	4	1
Indecisos	3	2
	2	3
Tendência Antirrealista	1	4
Totalmente Antirrealista	0	5

Tabelando os resultados temos as seguintes posições para os dois grupos:

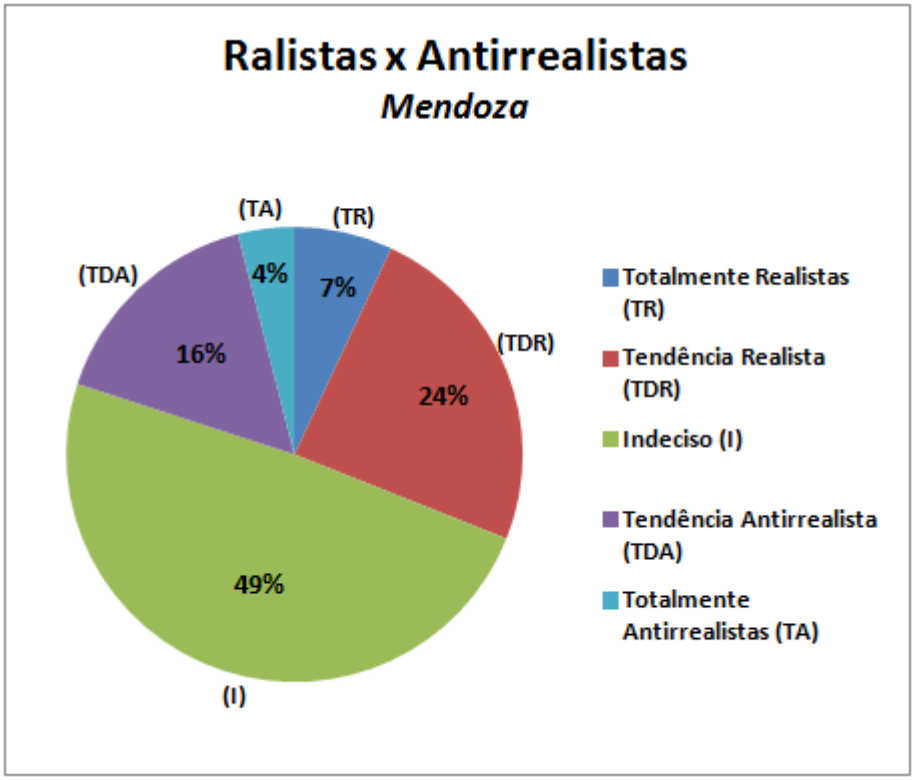


Gráfico III.3 – Categorização das Respostas – Grupo 1

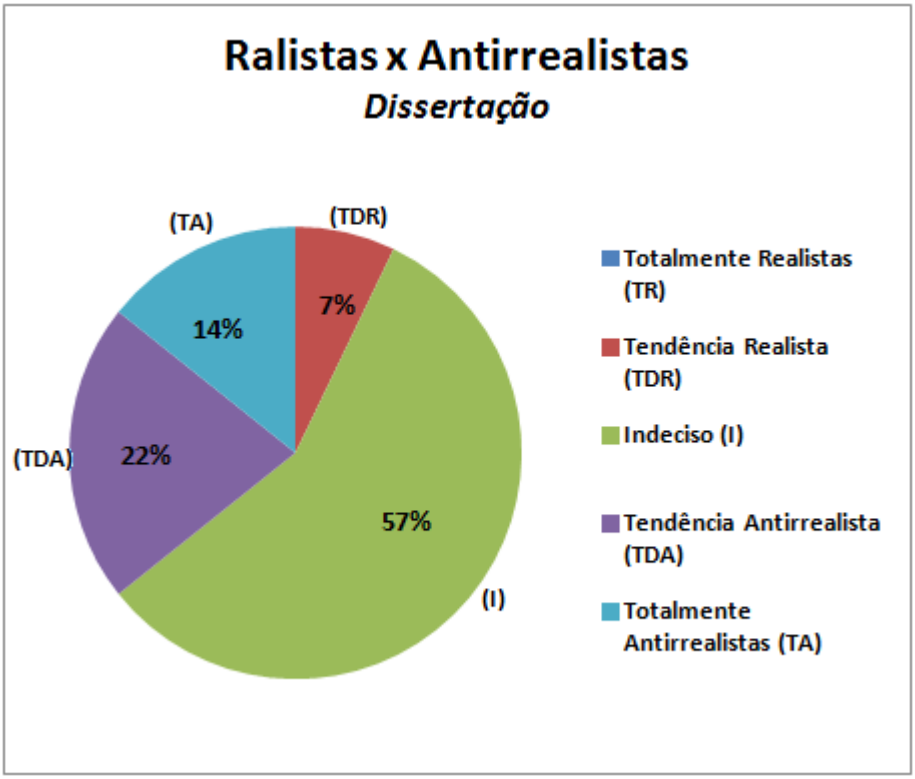


Gráfico III.4 – Categorização das Respostas – Grupo 2

Ambos os resultados são bem próximos. O primeiro ponto a destacar nos dois grupos é o **número de indecisos é muito alto.** Ou seja, os alunos não conseguem ter uma posição consolidada. A proposta da pesquisa não era ensinar uma posição mais correta, mas sim complexificar as visões dos alunos. Por isso, através dos questionários, a pesquisa tentará avaliar se essas visões foram complexificadas e se os indecisos passaram a ter alguma visão consolidada.

Exemplo 1: Aluno 3 – Posição Inicial: Indeciso – Posição Final: Antirrealista.

O primeiro exemplo a ser dado é o do ***Aluno 3***, sua posição no questionário objetivo é **indeciso**. No questionário do Módulo 2, anterior ao questionário objetivo, o aluno já apresenta uma indecisão na sua visão.

> *Pergunta: "Na ciência, quando uma teoria vence a outra?"*
>
> *Resposta: "Uma teoria vence a outra quando sua tentativa de explicar algo parece se aproximar mais da verdade, do fato, de forma mais simples e mais 'realista'(...)." (Aluno 3).*

Claramente uma resposta realista, pois, para o realista, existe uma verdade a qual a ciência busca. Entretanto, na continuidade da resposta para a segunda pergunta vê-se:

> *Pergunta: "Quando uma teoria vence a outra ela está se aproximando mais da verdade?"*
>
> *Resposta: "(...) Tudo depende da comprovação e, até ela ser alcançada, e se for, diversas teorias podem ser criadas, algumas sendo mais valorizadas e outras sendo 'desprezadas'." (Aluno 3).*

Nessa parte da mesma resposta, a tendência do aluno é ir para o antirrealismo, já que podem existir muitas teorias que expliquem o mesmo fenômeno. O aluno com essa resposta comprova sua posição indecisa perante o posicionamento Realista/Antirrealista. Cabe verificar se ele passou a ter alguma posição diferente de indeciso.

No questionário final, o Aluno 3 responde da seguinte forma a pergunta:

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?"*

> *Resposta: "Não, o grau de verdade contido nos modelos só pode ser definido através de análises, testes, etc. Eles podem ser comprovados como não-verdadeiros e nunca há um grau de verdade exato definido a princípio." (Aluno 3).*

O aluno ao final do curso tende suas repostas ao antirrealismo. Para ele, não existe essa verdade buscada pela ciência. As teorias podem mudar e enquanto elas estão em "uso" não podem ser consideradas verdadeiras, apenas podemos afirmar que elas não são falsas. Ainda no questionário final:

> *Pergunta: "O jornal traz a seguinte notícia: "Foi encontrado o Bóson de Higgs!". A palavra "encontrado" é mal utilizada para essa notícia. Em sua opinião, qual a justificava para afirmarmos o mau uso da palavra?*
>
> *Resposta: "Ele não foi encontrado porque não foi visto. A experiência resultou em rastros do Bóson de Higgs, mas ele em si não foi visto, logo é errado o uso da palavra 'encontrado'." (Aluno 3).*

A resposta dessa última pergunta é uma resposta claramente de um antirrealista. Como van Fraassen, dentro do seu grau de aluno, para ela o rastro deixado pela partícula subatômica no detector não garante que ali está a partícula. Muitas outras coisas podem ser aquele rastro. Para o aluno, encontrar de fato seria ver a partícula. O rastro é apenas uma evidência.

Ficou claro que o Aluno 3 deixou de ser indeciso e se tornou um antirrealista. Note, mais uma vez, que a proposta da discussão da dissertação não era ensinar que uma visão é mais correta que outras, mas sim que eles deixassem de ser indecisos e complexificassem suas visões.

Exemplo 2: Aluno 19 – Posição Inicial: Indeciso – Posição Final: Realista

O exemplo 2 é o do ***Aluno 19***, sua posição no questionário objetivo é **indeciso**. No questionário do módulo 2, ele responde a pergunta da seguinte forma:

> *Pergunta: "Na ciência, quando uma teoria vence a outra? Quando uma teoria vence a outra ela está se aproximando mais da verdade?"*

> *Resposta: "(...) Uma teoria sempre é verdade até que se prove o contrário (...)." (Aluno 19).*

Nessa primeira passagem, o aluno tem uma resposta de tendência realista, quando afirma que uma teoria é sempre verdade. Já em um momento anterior o aluno tem uma resposta antirrealista:

> *Pergunta: "Essas duas interpretações (sobre um som escutado num quarto escuro) tem alguma ligação com a verdade e, necessariamente, uma delas deve ser a verdade?"*
>
> *Resposta: "Não, pois se elas têm interpretações diferentes, logo não necessariamente será uma verdade." (Aluno 19).*

No momento anterior, então, ele possui uma posição antirrealista. Assim, fica comprovada sua posição indecisa. Ao final do curso, diferentemente do exemplo 1, aluno 3, esse passou a ter uma posição mais realista:

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?"*
>
> *Resposta: "Os modelos na ciência são verdadeiros até que alguma experiência prove o contrário." (Aluno 19).*

Ainda esse aluno:

> *Pergunta: "Para você, a ciência busca a verdade?"*
>
> *Resposta: "Sim, assim como todas as pessoas estudantes da ciência ou não." (Aluno 19).*

O aluno passou a ter uma visão mais consolidada com o Realismo.

Exemplo 3: Aluno 16 – Posição Inicial: Indeciso – Posição Final: Realista

Esse terceiro exemplo é o do ***Aluno 16***, sua posição no questionário objetivo também é **indeciso**. No questionário do Módulo 2, ele responde a pergunta da seguinte forma:

> *Pergunta: "Na ciência, quando uma teoria vence a outra? Quando uma teoria vence a outra ela está se aproximando mais da verdade?"*
>
> *Resposta: "(...) Uma teoria vence a outra quando consegue provar que algo da outra está errado, mas não significa que essa esteja certa, já que podem vir uma 3ª, 4ª, 20ª teoria melhorada sobre o assunto." (Aluno 16).*

O aluno tem, em princípio, no questionário do Módulo 2, uma posição antirrealista. Para ele, quando uma teoria vence a outra não significa que ela se aproximou mais da verdade, mas sim que de alguma forma ela "provou" que a anterior estava errada. Podem existir muitas outras teorias futuras que melhorarão as anteriores.

Outra posição antirrealista pode ser lida na seguinte resposta:

> *Pergunta: "O átomo e as partículas precisam existir para se desenvolvam tecnologias utilizando os átomos?".*
>
> *Resposta: "Não, pois experiências podem ser feitas para que se desenvolvam tecnologias através de suposições, e não, necessariamente, eles precisam existir para isso." (Aluno 16).*

Uma posição mais realista pode ser observada na seguinte resposta:

> *Pergunta: "É possível ver o átomo?".*
>
> *Resposta: "Não, pois são partículas muito pequenas para serem vistas." (Aluno 16).*

No momento em que o aluno afirma que o átomo é uma partícula muito pequena para ser vista, significa que se tivermos um aparelho muito potente conseguiríamos vê-lo. Ele não considera que o átomo é uma partícula inobservável, uma construção ou modelo. Assim, sua posição nessa resposta realista, se opõe a posição antirrealista das outras respostas,

caracterizando claramente uma pessoa indecisa. Dessa forma, cabe verificar se ao final ele se posicionou para um dos lados.

As três próximas respostas demonstram que o aluno tomou partido da posição Realista:

> *Pergunta: "Os modelos na ciência tem obrigação da verdade? Qual o grau de verdade contido neles?".*
>
> *Resposta: "Os modelos científicos tentam se aproximar cada vez mais da verdade e da realidade." (Aluno 16).*

> *Pergunta: "Por que uma teoria vence a outra? Qual o grau de verdade contido nessa nova teoria?".*
>
> *Resposta: "Uma teoria vence a outra quando apresenta mais informações realistas do que a antiga, (...)." (Aluno 16).*

> *Pergunta: "Para você, a ciência busca a verdade?"*
>
> *Resposta: "A ciência busca explicar os acontecimentos e procurar o que aconteceu na realidade, então de certo modo, sim busca a verdade." (Aluno 16).*

Essas três respostas no último questionário exemplificam a posição Realista assumida pelo Aluno 16. Mais uma vez, demonstra-se que o curso ajudou a complexificação das questões e fez com que os alunos saíssem de uma posição indecisa.

Exemplo 4: Aluno 4 – Posição Inicial: Indeciso – Posição Final: Antirrealismo

O exemplo 4 é o do ***Aluno 4***, sua posição no questionário objetivo foi **indeciso**. No questionário do Módulo 2, ele responde a pergunta de uma forma indecisa:

> *Pergunta: "Na ciência, quando uma teoria vence a outra? Quando uma teoria vence a outra ela está se aproximando mais da verdade?"*

> *Resposta: "(...) Não necessariamente, as duas teorias podem estar certas e próximas à verdade, a diferença é que uma pode ser mais completa que a outra, mais simplificadora." (Aluno 4).*

Para o aluno 4, de uma forma antirrealista, podem existir várias teorias que expliquem um mesmo fenômeno, porém, de uma forma realista, existe uma verdade final. Em uma mesma resposta observa-se uma indecisão na sua posição.

Na resposta do módulo 3, posterior a essa, ele responde de uma maneira totalmente antirrealista:

> *Pergunta: "O átomo e as partículas precisam existir para que se desenvolvam tecnologias utilizando os átomos?"*
>
> *Resposta: "Não, pois em relação ao átomo não se sabe se eles realmente existem ou não, mas mesmo assim coisas são criadas em relação a eles, logo não deve ser preciso a sua existência." (Aluno 4).*

A confusão das ideias entre o realismo e o antirrealismo está presente no discurso do aluno 4, porém no final isso se altera. O aluno passa a se enquadrar no antirrealismo, vide os três próximos exemplos:

> *Pergunta: "Por que uma teoria vence a outra?".*
>
> *Resposta: "Porque ela é mais completa que a outra teoria." (Aluno 4).*

> *Pergunta: "Qual o grau de verdade contido nessa nova teoria?".*
>
> *Resposta: "Pode ser o mesmo da anterior." (Aluno 4).*

> *Pergunta: "Para você, a ciência busca a verdade?".*
>
> *Resposta: "Às vezes, pode ser que ela busque apenas respostas plausíveis para tal situação, mas não necessariamente a conclusão é a verdade." (Aluno 4).*

Apresentado aqui mais um exemplo de um aluno indeciso que ao longo do curso passou a ter uma posição diferente do indeciso.

Ao longo desses quatros exemplos, um dos objetivos da pesquisa foi atendido quando os alunos indecisos passaram a ter posições consolidadas. Independentemente de qual posição foi tomada, os alunos deixaram de ser ingênuos ou indecisos. Eles foram defrontados com argumentos dos dois lados e escolheram livremente suas posições.

Como o debate do Realismo e do Antirrealismo não possui um ponto final, não podemos determinar uma posição mais correta que a outra. Também é interessante que os alunos possam lidar com posições não exatas em aulas de ciências, que para eles devem ser exatas. Assim, eles conseguem se aproximar um pouco mais do debate da Natureza da Ciência, com seus debates e discussões. Essa é a riqueza que a Filosofia da Ciência traz para o ensino de ciências.

Nesse momento partimos para a verificação se alunos, que já tinham posições mais consolidadas, conseguiram complexificar suas visões.

Exemplo 5: Aluno 12 – Posição Inicial: Tendência Realista – Posição Final: Realista

Neste exemplo 5 a proposta é um pouco diferente dos quatro anteriores. O objetivo agora é demonstrar que o ***Aluno 12***, que tinha uma posição no questionário objetivo como de **Tendência Realista**, conseguiu complexificar sua visão. No questionário do módulo 3, ele responde a pergunta de uma forma mais Realista, mas um pouco ingênua:

> *Pergunta: "O átomo e as partículas precisam existir para se desenvolvam tecnologias utilizando os átomos?"*
>
> *Resposta: "As partículas são descobertas através da utilização da matemática para que no futuro estas sejam comprovadas por meio de experiências científicas, exemplo Neutrino." (Aluno 12).*

O aluno possui uma resposta mais realista quando expressa que as previsões feitas pela matemática, a teoria, serão comprovadas no futuro. Ou seja, as teorias são verdadeiras, pois no futuro deverão ser provadas através do uso de tecnologias.

Existe um pouco de ingenuidade no discurso do aluno. O uso do termo "descoberta" não é interessante no caso da ciência, pois dá a entender que tudo está lá e a ciência descobre, tira a coberta, e entende o funcionamento da natureza. Outro ponto a destacar, é o

fato de que ele entende que experiências podem provar que uma teoria é verdadeira. Pelo contrário, ele diz apenas que naquela situação a teoria não foi reprovada. Existem muitos outros fatores que validam uma teoria.

Entretanto, devemos verificar se o discurso aluno 12 tornou-se mais complexo. Para isso, destacamos a seguinte resposta:

> *Pergunta: "Por que uma teoria vence a outra? Qual o grau de verdade contido nessa nova teoria?*
>
> *Resposta: "Quando através de experiências esta se aproxima mais da verdade. (...) não podemos afirmar o grau de verdade de cada uma das teorias, mas a vencedora tem maior grau de verdade que a anterior." (Aluno 12).*

Essa resposta, claramente realista, possui um grau menor de ingenuidade. O aluno entende que as teorias mudam e, devido a sua posição realista, entende que ela caminha para um grau de verdade maior que a anterior. Pode-se dizer que se trata de um realismo mais esclarecido que o inicialmente apresentado por este mesmo aluno.

Outro destaque na sua resposta é:

> *Pergunta: "O jornal traz a seguinte notícia: 'Foi encontrado o Bóson de Higgs!'. A palavra 'encontrado' é mal utilizada para essa notícia. Em sua opinião, qual a justificava para afirmarmos o mau uso da palavra?".*
>
> *Resposta: "Esta partícula não é encontrada, porém através de experimentos é comprovada sua presença." (Aluno 12).*

O aluno nessa reposta mostra-se bem esclarecido. Ele entende que o que o foi achado foi um rastro. No entanto, como um realista, acredita que isso é o suficiente para comprovar sua presença, pois a teoria respalda o achado. Dessa forma, o aluno complexificou sua posição, cumprindo assim o objetivo da pesquisa.

Exemplo 6: Aluno 17 – Posição Inicial: Tendência Antirrealista – Posição Final: Antirrealista

O aluno 17 é mais um exemplo da complexificação das ideias ao longo do curso. No questionário objetivo ele faz a seguinte opção para única resposta realista de seu questionário:

> *Pergunta: "4) As lâmpadas fluorescente, aquelas compridas e cilíndricas, produzem luz pela passagem de corrente elétrica através de um gás contido nelas. Essa corrente é gerada pelo "deslocamento" de elétrons de um pólo para outro. Para a criação dessa lâmpada os cientistas precisaram das teorias que utilizam elétrons, assim podemos afirmar que esses cientistas acreditavam que os elétrons existiam?"*
>
> *Resposta: "4.a. [_X_] SIM, pois para funcionamento da lâmpada os elétrons devem existir. Pelo contrário seria uma grande coincidência, talvez um milagre, que algo tão parecido com o elétron e com sua teoria existisse para que pudéssemos fabricar a lâmpada.".*

Em outros momentos essa pergunta se repete de uma forma diferente, então devemos verificar se a sua resposta mudou:

> *Pergunta: "O átomo e as partículas precisam existir para se desenvolvam tecnologias utilizando os átomos?".*
>
> *Resultado: "Não, pois a existência de átomos não é comprovada, ou seja, é possível construir a partir de algo abstrato." (Aluno 17).*

Sendo assim, sua posição já se altera e retorna ao Antirrealismo. Para ele, o átomo é uma entidade abstrata e é possível desenvolver tecnologias utilizando essas abstrações. Essa é uma resposta claramente antirrealista, já que as entidades inobserváveis são consideradas abstrações utilizáveis para o desenvolvimento da ciência.

> *Pergunta: "Um dia será possível **ver** as partículas subatômicas?".*
>
> *Resultado: "Não, porque essas partículas podem ser apenas modelos e com isso podem não existir." (Aluno 17).*

Essa reposta é totalmente antirrealista. Assim, esse aluno que possuía uma tendência antirrealista, ao final do curso, complexificou sua posição passando a ser um antirrealista menos ingênuo. Atendendo assim, aos objetivos do curso.

Com esse último exemplo, completa-se a análise dos resultados do curso. A partir deste momento, no próximo capítulo, apresentaremos as considerações finais dessa dissertação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O curso, aparentemente, atendeu as expectativas dos alunos que, ao finalizarem o último módulo, estavam muito felizes com uma abordagem diferente do ensino física. Em cada módulo, esse agrado transparecia nos discursos de cada um deles. Sempre estimulados pela abordagem diferenciada ficavam curiosos com o novo módulo e intrigados com as perguntas dos questionários.

Os questionamentos ao final das aulas sempre causavam alvoroço e debate. Aquelas perguntas, que não tinham certo ou errado, os faziam pensar em assuntos nunca antes pensados. Pelo menos, não até que aquela aula ocorresse.

Os temas apresentados estavam fora do debate da sala de aula tradicional dos alunos. Eles mesmos perceberam isso. Questionavam o porquê as aulas de física não eram sempre assim. E mais, por que não discutiam esses assuntos em sala?

A pesquisa, dessa forma, mostrou que a abordagem da História e Filosofia da Ciência contribui para um ensino de Física mais completo. As discussões feitas em sala ajudaram os alunos a complexificarem suas visões e, muitas vezes pela primeira vez, pensar naquele assunto.

A História e Filosofia da Ciência não é uma técnica de ensino de Física, ela é uma forma de ver a ciência, é uma forma de ensinar ciência. Os alunos, através dessa abordagem, discutiram realmente ciência. Eles compreenderam mais como ela é construída e isso, acreditamos, será muito importante em sua formação.

Os modelos na ciência, tema tão importante para a física, nunca tinham sido discutidos pelos alunos. Para eles, os modelos que conheciam eram verdades absolutas e imutáveis. Esses modelos eram apenas uma representação de algo que realmente existia. Eles não se questionavam sobre como esse modelo foi estabelecido, se ele poderia mudar, e mais, se ele realmente existia. Para os alunos, muitos desses modelos, como os átomos, entidades inobserváveis, eram verdades únicas da ciência.

O curso contribuiu para complexificar todos esses temas principais, além de muitos outros paralelos sobre a construção da ciência. E ao final do curso, a frase escutada de um aluno intriga mais que toda a pesquisa: - *Por que todas as aulas de Física não são assim?*

Esse questionamento este professor e pesquisador ainda não sabe responder, pois o ensino está em um processo mais longo de transformação. Um processo quase que individual,

no qual cada professor modifica sua sala aula. Aos poucos esses pontos se tornarão muitos e o ensino vai se modificar. Talvez leve mais tempo do gostaríamos.

Ao final dessa dissertação, vejo que esse movimento de mudança não fica restrito somente a uma abordagem específica, mas sim de muitas outras abordagens também muito bem sucedidas. O importante é que as aulas de física, pelos menos em algumas salas de aulas, não sejam apenas um amontoado de fórmulas sem sentido e a Física não seja apenas uma das matérias odiadas pelos alunos. Que eles vejam que essa mesma ciência, odiada na escola, só é ensinada para eles, pois eles são cidadãos de uma sociedade totalmente tecnológica e imersa até a cabeça na ciência. Que eles não sejam primitivos vendo o fogo ao verem a construção da ciência. Que tenham opiniões sobre a ciência e que possam exercer por completo sua cidadania como é o objetivo da escola básica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGDAN, R.C., BIKLEN, S.K.. **Investigação Qualitativa em Educação.** Portugal: Porto Editora, 1994.

BRAGA, M.; GUERRA, A.. **The Nature of Science in the Laboratory: the problem of scientific realism.** In: XV Symposium of International Organization for Science and Technology Education, 2012, Hammamet. XV Symposium of International Organization for Science and technology Education. Tunis: INEDP, 2012.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J.C.. **O Física Experimental numa Perspectiva Histórico-filosófica.** In: Luiz O. Q. Peduzzi; André Ferrer P. Martins; Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira. (Org.). Temas de História e Filosofia da CIência no Ensino. 1ed.Natal: Edufrn, 2012.

BUNGE, M.. **Teoria e Realidade.** Tradução: Gita K. Guinsburg. Série Debates no. 72. São Paulo: Perspectiva, 2008.

CHIBENI, S.S. **Descartes, Locke, Berkeley, Hume e o Realismo Científico.** *In* IFCH-Unicamp, n. 25, 40 pp. São Paulo: 1990.

GUERRERO, J.A.C.. **Los modelos em la enseñanza de las ciências.** Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturals. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.

HACKING, I.. **Representing and intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science.** New York: Cambridge University Press, 1983.

ODY, L.C.. **A questão do observável/inobservável nas visões de Bas van Fraassen e Ian Hacking.** Santos/SP: Paradigmas, v.25, n.março/abril, p.4-6, 2005.

OKASHA, S.. **Realismo e Antirrealismo.** Tradução: Marques Segundo, L., Miranda, S..São Paulo: 2011.

PÉREZ, D.G., MONTORO, I.F., ALÍS, J.C., CACHAPUZ, A., PRAIA, J.. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico.** Ciência & Educação, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

PIETROCOLA, M.. **Construção e Realidade: O realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos***.* Investigações em Ensino de Ciências – v4(3), pp.213-227, 1999.

SILVA, M. R.. **Van Fraassen e a caracterização do empirismo.** Episteme, n.22, p.101-114, jul./dez. Porto Alegre, 2005.

SILVEIRA, F. L.. **A teoria do conhecimento de Kant: O Idealismo Transcendental.** Cad. Cat. Ens. Fís., 28 v. 19, número especial: p. 28-51, mar. 2002

TOLEDO, C. E. R. ; BRAGA, Marco . . Realismo e Antirrealismo na educação básica: uma pesquisa exploratória das opiniões de alunos sobre a controvérsia na filosofia da ciência.. In: International History, Philosophy and Science Teaching Group - Latin America Conference, 2012, Mendoza., 2012, Mendoza. IHPST-LA. Mendoza: Universidad de Mendoza, 2012. v. 1. p. 1-10.

VAN FRAASSEN, B.. **A Imagem Científica.** Tradução: Luiz Henrique de Araújo Dutra . São Paulo: Editora UNESP: Discurso Editorial, 2007.