

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS
Campus Bauru
Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência

José Bento Suart Júnior

**A DIALÉTICA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, A
PRÁTICA E A EXPERIMENTAÇÃO:
UMA ANÁLISE DO IDEÁRIO DE LICENCIANDOS E SUA
RELAÇÃO COM A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA
MODERNA**

Bauru - SP

2010

José Bento Suart Júnior

**A DIALÉTICA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, A
PRÁTICA E A EXPERIMENTAÇÃO:
UMA ANÁLISE DO IDEÁRIO DE LICENCIANDOS E SUA
RELAÇÃO COM A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA
MODERNA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós- Graduação em educação para a Ciência, da área de concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação para Ciência, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Sílvia Regina Q. Aro Zuliani.

Bauru - SP

2010

Suart Júnior, José Bento

A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna./José Bento Suart Júnior, 2010.
228 f.

Orientador: Silvia Regina Q. Aro Zuliani.

Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2010

1. Ensino de Ciências. 2. Bachelard. 3. Heisenberg. 4. Mecânica Quântica. 5. Epistemologia. 5. Método Científico. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

José Bento Suart Júnior

**A DIALÉTICA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, A
PRÁTICA E A EXPERIMENTAÇÃO:
UMA ANÁLISE DO IDEÁRIO DE LICENCIANDOS E SUA
RELAÇÃO COM A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA
MODERNA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em educação para a Ciência, da área de concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Bauru, 11 de dezembro de 2010.

Banca Examinadora

Presidente e orientador: Prof^ª. Dr^ª. Sílvia Regina Q. Aro Zuliani (Unesp/Bauru-SP)

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro (Unesp/Bauru-SP)

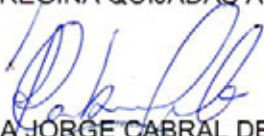
2ºexaminador: Prof^ª. Dr^ª. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT/Cuiabá-MT)

3ºexaminador: Prof. Dr. Eduardo Adolfo Terrazzan (UFSM/Santa Maria-RS)

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JOSÉ BENTO SUART JÚNIOR, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 11 dias do mês de dezembro do ano de 2010, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação/FC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, Profa. Dra. IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO do(a) Instituto de Física / Universidade Federal de Mato Grosso, Prof. Dr. EDUARDO ADOLFO TERRAZZAN do(a) Departamento de Metodologia de Ensino / Universidade Federal de Santa Maria, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JOSÉ BENTO SUART JÚNIOR, intitulado "A DIALÉTICA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, A PRÁTICA E A EXPERIMENTAÇÃO: UMA ANÁLISE DO IDEÁRIO DE LICENCIANDOS E SUA RELAÇÃO COM A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA MODERNA". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI


Profa. Dra. IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO


Prof. Dr. EDUARDO ADOLFO TERRAZZAN

Em memória de Natália Guariza Suart

AGRADECIMENTOS

Eu já dedico este trabalho à minha avó, mas ainda assim agradeço aqui por tudo que ela fez por mim, pela ajuda e pelo afeto sempre grandes que ficam em minha memória em imagens tais como, chá de hortelã, bolinho de chuva, crustilli e o refrigerante de garrafa 290ml sempre gelado me esperando!

Em segundo lugar gostaria de agradecer mais uma vez à “Zulis”, por aceitar me orientar novamente e por trabalhar comigo neste que é um sonho de longa data. Mais ainda agradeço a amizade e o companheirismo durante estes quatro anos trabalhando juntos. Assim sou grato ao Roberto, à Ana e ao Márcio pela torcida e carinho.

A Marcelo Carbone meu co-orientador nesta jornada ao interior da matéria e do conhecimento, pela paciência e disposição para discutir a natureza do conhecimento.

À família Suart, em especial à Rita minha irmã pelo apoio e parceria na área de pesquisa e a meu Pai por toda amizade que temos. Agradeço aqui ainda a Heverson e Júnior, meus irmãos em carinho, e à minha irmã mais velha Renata e minha Mãe pelo amor incondicional. Para a “Bebella”, o tio deixa a dissertação, com a esperança de que a contribuição seja parte de sua educação.

Aos amigos de mestrado Bianchini, Marcelo, Raquel Julyette, Regina e Lílían. O mestrado não teria a mesma graça sem vocês! Vocês sabem o quanto foram importantes para mim!

A Toni, Nayron e Fátima por tudo que aprendi durante as aulas e discussões em particular.

Aos amigos do peito Barizon, Assahi, Mary, Felipe, Zitz, Isis, Juninho, Peruca, Thaís, Renata Zaitun e Rodrigo, por cada conversa, sorriso, pergunta, piada, lágrima e música compartilhados.

Aos companheiros do extinto Banco Nossa Caixa S/A: Nilton, Vanice, Gustavo, Lúcia, Laurice, Vanda, Vivi, Maryan, Oswaldo, Marinho e Wagner. Com cada um de vocês aprendi algo em especial que foi essencial para chegar até aqui!

Aos professores que da minha formação participaram: André Malvezzi, Francisco Carlos Lavarda, Paulo Noronha de Lisboa Filho e Antônio Carlos Dias Ângelo.

*“Now let me go
Away across the sea,
The waves can't be as high
As they pretend to be*

*And now I know
In my heart, I won't forget
The sails against the blue sky
That taught me how to live”*

André Matos

Silence and Distance

SUART JÚNIOR J. B. A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna. 2010. 228f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência)-Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2010.

RESUMO

Os tópicos em Mecânica Quântica, ou Física/Química Moderna apresentam complexa estrutura conceitual e filosófica. Há que se coordenar imagens contraditórias além de se admitir um caráter não determinístico, uma natureza energética descontínuo, elementos de probabilidade além de postulados. O cenário educacional dos documentos oficiais para tais tópicos reflete uma dicotomia encontrada nas epistemologias das ciências Física e Química. Um olhar sobre a história do Método Científico ainda coloca a Mecânica Quântica como o cerne do fim de uma tradição determinista e o início do que Bachelard denominará de Novo Espírito Científico. Tal Espírito admite pressupostos metafísicos que são encontrados também nos trabalhos de Werner Heisenberg. O presente trabalho busca então os elementos deste Novo Espírito entre outros elementos da epistemologia de Gaston Bachelard no ideário de licenciandos de Física e Química. Como apoio para tal busca toma-se a fenomenologia como metodologia de análise de dados. Esta busca se dá num contexto especialmente construído para tal no que se denomina “atividade pedagógica do não”. O presente trabalho constata que tais categorias encontram-se presentes no discurso de licenciandos, todavia, a dialética admitida por Bachelard não é encontrada. Frente a problemas epistêmicos, verifica-se ainda a contradição filosófica, em que a ontologia ora é admitida, ora negada, ocorrendo o mesmo com a epistemologia. O ideário ainda admite múltiplas concepções para um mesmo conceito e obstáculos epistemológicos, assim como contra uma matemática intrincada dentro do processo científico defendido por Bachelard, o que se verifica é uma matemática instrumental fazendo parte de um ferramental que se constitui assim a Mecânica Quântica.

.

Palavras Chave: Bachelard. Heisenberg. Mecânica Quântica. Epistemologia. Método Científico.

SUART JÚNIOR J. B. **The dialectic of scientific knowledge, practice and experimentation: an analysis of the ideals of undergraduates and their relation to the epistemology of modern science.** 2010. 228f. Dissertação (Master's degree in Science Education), Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2010.

ABSTRACT

Quantum Mechanics topics, or Modern Physics / Chemistry topics presents complex philosophical and conceptual framework. It is necessary to coordinate conflicting images in addition to admitting a non-deterministic character, a discontinuous energetic nature, elements of probability besides postulates. The educational setting of these official documents reflects an epistemological dichotomy that was found in the physics and chemistry sciences. A view of the history of Scientific Method still puts Quantum Mechanics as main reason of the deterministic tradition ending and as the same time the beginning of what is named by Bachelard as New Scientific Spirit. This Spirit admits metaphysical assumptions that are also found in Werner Heisenberg's work. This current work looks for elements of quoted New Spirit among other elements of Gaston Bachelard's epistemology concerning the ideals of non-graduated Physics and Chemistry students. As support for this research, phenomenology was taken as methodology of data analysis. This research happens into a context particularly made for what is called "pedagogical activity of denial." This current work shows that the referred categories always make part of non-graduated students discourse, and the dialectic admitted by Bachelard doesn't. In front of epistemic issues, there is a philosophical contradiction, where the ontology is admitted and also denied, what exactly happens to epistemology. The mindset still accepts multiple conceptions for the same idea and epistemological obstacles, such as an intricate mathematics in the scientific process supported by Bachelard. As result it is possible to find out an instrumental math making part of tools of what Quantum mechanics is constituted.

Keywords: Bachelard. Heisenberg. Quantum Mechanics. Epistemology. Scientific Method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema ontologia x epistemologia.....	58
Figura 2 Superposição de ondas planas. Fonte: Cohen-Tannoudji; Diu e Laloe (1977, p. 24).....	62
Figura 3 Experimento do microscópio de raios gama. Fonte: Heisenberg (1949, p. 21).....	65
Figura 4 Atividade Pedagógica do Não.....	90
Figura 5 Interior das caixas.....	90
Figura 6 Perfil epistemológico da noção pessoal de massa.....	100
Figura 7 Estrutura do Método Científico para os licenciandos em Química.....	118
Figura 8 Estrutura do Método Científico para os licenciandos em Física.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Currículo do Curso de Licenciatura em Física.....	81
Quadro 2 Currículo do Curso de Licenciatura em Química.....	82
Quadro 3 Passos necessários para resolver um problema. Fonte: Polya (apud POZO, 1998, p. 23).....	86
Quadro 4 Representações pictóricas de licenciandos em Química para o modelo atômico.....	103
Quadro 5 Representações pictóricas dos licenciandos para a Ligação Covalente, modelos tradicionais.....	105
Quadro 6 Representações pictóricas dos licenciandos para a Ligação Covalente, modelos não tradicionais.....	105
Quadro 7 Elementos textuais dos licenciandos para a descrição da Ligação Covalente.....	106
Quadro 8 Estruturas filosóficas dos licenciandos, relação entre as perguntas 8 e 4.....	112
Quadro 9 Impressões finais encontradas nos relatórios.....	122

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Texto sugerido para reflexão

Apêndice B – Questionário

Apêndice C.1 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 1

Apêndice C.2 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 2

Apêndice C.3 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 3

Apêndice C.4 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 4

Apêndice C.5 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 5

Apêndice C.6 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 6

Apêndice C.7 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 7

Apêndice C.8 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 8

Apêndice D.1 - Análise Ideográfica das Falas dos Alunos da Licenciatura em Química durante a Aula Proposta.

Apêndice D.2 - Análise Ideográfica das Falas dos Alunos da Licenciatura em Física durante a Aula Proposta.

Apêndice E.1 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo Q1: AQ7 e AQ18.

Apêndice E.2 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo Q2: AQ2, AQ4, AQ5, AQ8 e AQ20.

Apêndice E.3 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo Q3: AQ13, AQ14 e AQ19.

Apêndice E.4 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo Q4: AQ1, AQ6, AQ9, AQ11, AQ14, AQ15, AQ16, AQ17, AQ21, AQ22.

Apêndice E.5 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo F1: AF1, AF5, AF11, AF12 e AF14.

Apêndice E.6 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo F2: AF2, AF3, AF4, AF8, AF9, AF10 AF18.

Apêndice E.7 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo F3: AF6, AF13, AF15, AF16, AF17, AF19.

Apêndice F.1 - Licenciatura em Química Respostas Questão 1

Apêndice F.2 – Licenciatura em Química Respostas Questão 2

Apêndice F.3 – Licenciatura em Química Respostas Questão 3

Apêndice F.4 – Licenciatura em Química Respostas Questão 4

Apêndice F.5 – Licenciatura em Química Respostas Questão 5

Apêndice F.6 – Licenciatura em Química Respostas Questão 6

Apêndice F.7 - Licenciatura em Química Respostas Questão 7

Apêndice F.8 – Licenciatura em Química Respostas Questão 8

Apêndice G.1 - Licenciatura em Física Respostas Questão 1

Apêndice G.2 – Licenciatura em Física Respostas Questão 2

Apêndice G.3 – Licenciatura em Física Respostas Questão 3

Apêndice G.4 – Licenciatura em Física Respostas Questão 4

Apêndice G.5 – Licenciatura em Física Respostas Questão 5

Apêndice G.6 – Licenciatura em Física Respostas Questão 6

Apêndice G.7 – Licenciatura em Física Respostas Questão 7

Apêndice G.8 – Licenciatura em Física Respostas Questão 8

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.1 - Relatório concebido pelo Grupo Q1: AQ7 e AQ18

Anexo A.2 - Relatório concebido pelo Grupo Q2: AQ2, AQ4, AQ5, AQ8 e AQ20.

Anexo A.3 - Relatório concebido pelo Grupo Q3: AQ13, AQ14 e AQ19

Anexo A.4 - Relatório concebido pelo Grupo Q4: AQ1, AQ6, AQ9, AQ11, AQ14, AQ15, AQ16, AQ17, AQ21, AQ22.

Anexo B.1 - Relatório concebido pelo Grupo F1: AF1, AF5, AF11, AF12 e AF14.

Anexo B.2 - Relatório concebido pelo Grupo F2: AF2, AF3, AF4, AF8, AF9, AF10 AF18.

Anexo B.3 - Relatório concebido pelo Grupo F3: AF6, AF13, AF15, AF16, AF17, AF19

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 O CONTEXTO DESTA PESQUISA.....	16
1.1 A Pesquisa em Ensino de Ciências	16
1.2 As pesquisas em Ensino de Mecânica Quântica e o Ensino de Ciências – produções, contexto, parâmetros e desafios.....	18
2 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	33
2.1 A Dialética do Conhecimento Científico: Causalidade, Empirismo e Racionalismo .	37
2.1 Microfísica e Incertezas.....	48
2.2 O Desenvolvimento Conceitual do Princípio de Incerteza: “Crítica dos Conceitos Físicos da Teoria Corpuscular da Matéria”	57
3 REFLEXÕES PRIMEIRAS	72
4 A METODOLOGIA DO TRABALHO DE PESQUISA	72
4.1 A pesquisa Qualitativa	74
4.2 A Fenomenologia	76
4.3 Os sujeitos da pesquisa.....	78
4.4 Os instrumentos de coleta de dados	83
4.5 O referencial de análise: O Pluralismo Filosófico do Conhecimento Científico: Bachelard e o Espírito Científico.	93
5 A ANÁLISE NOMOTÉTICA DOS DADOS COLETADOS E A EPISTEMOLOGIA SUBJACENTE ÀS DESCRIÇÕES.	102
6 REFLEXÕES FINAIS: ALGUMAS CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	123
REFERÊNCIAS	127
APÊNDICES	
ANEXOS	

INTRODUÇÃO

Enxergar o mundo através dos olhos da Ciência significa enxergar como a natureza se comporta.

Usar a Química e a Física como formas de interpretação do mundo admite que se conceba um mundo definido pelos modelos e teorias adotadas por estas Ciências e, conseqüentemente, admitir os modelos de interação das estruturas constituinte da matéria e sua transformação.

Neste sentido a compreensão do mundo exige os mais complexos modelos e aparatos lógico-matemáticos, além de esquemas experimentais e justificativas de caráter filosófico que sustentem uma interpretação, uma visão Físico-Química do mundo.

A disseminação desta visão no campo extra-científico acaba por deturpar a maior parte dos conceitos estabelecidos, não de forma premeditada, mas porque a linguagem do cotidiano não traduz completamente o sentido físico das teorias científicas. Ou seja, a Ciência define conceitos e noções que muitas vezes se apoderam de termos usuais da linguagem em sentidos completamente distintos dos admitidos pelo senso comum. Este retorno da linguagem ao seu âmbito de origem não traduz essencialmente o que a Ciência define com um determinado termo, deturpando o conhecimento científico.

As conseqüências deste fato são as mais variadas e contraditórias, dentre elas o crescimento de um sentimento ambíguo de aversão e admiração pelas carreiras científicas, tal como a mistificação e mitificação do conhecimento científico.

A Escola, segundo os documentos oficiais, tem o papel de levar o conhecimento científico até o mundo cotidiano, de forma a contemplar as necessidades do indivíduo de participação do mundo, fomentando espírito crítico, poder argumentativo, e engajamento social. Ela convive ainda com os conflitos entre os interesses econômicos e os pressupostos sociais. E é aqui, que estas Ciências encontram um desafio peculiar: o que a Química e a Física devem apresentar como conhecimento, ao se tornar disciplinas no âmbito escolar?

Os documentos oficiais apresentam uma perspectiva que corrobora a visão de uma escola com a função de libertar o indivíduo, além de contemplar a argumentação e o caráter cidadão e claro, conceitos para um entendimento do mundo. Mas, essencialmente, o papel dos modelos atômicos modernos tem sido relativizado dentro do ensino de Química e Física, em parte pela dificuldade de transposição do campo “puramente científico” para o contexto cotidiano além da dificuldade de apresentação destes conceitos.

A Teoria Quântica é uma poderosa ferramenta no entendimento das relações energéticas e estruturais quando se trabalha com a natureza microfísica, ainda que trate de partículas de tamanho ínfimo, cujas peculiaridades são diversas e cujo tamanho não permite que o cotidiano apresente os fenômenos envolvidos.

Ao observar a compreensão da natureza aos olhos da Química pode-se constatar diversos conceitos e abordagens que necessitam de elementos da Teoria Quântica, e que em geral fazem parte dos tópicos iniciais em Química que seja no Ensino Médio ou no Ensino Universitário.

Alguns conceitos que se pode citar são: ligações químicas, a complexidade no entendimento das funções de onda e consequentemente dos orbitais atômicos e moleculares, responsáveis pela geometria da molécula e pelas propriedades químicas e físicas destas como exemplo, o benzeno e sua estrutura ressonante cujas propriedades são incompreensíveis sem a abordagem das ligações π e do espalhamento eletrônico, ou mesmo o íon cianeto e suas propriedades de ligante de campo forte. O que dizer então das estruturas de banda dos semicondutores, e a conseqüente escolha dos dopantes, das as propriedades térmicas, da maleabilidade e da condutividade dos metais?

Os conceitos e propriedades citados acima se encontram alicerçados em uma noção que não tem sido contemplada dentro do ensino de Química: a idéia de orbital. Compreender um orbital admite que se compreenda a necessidade de admitir a estocasticidade presente no comportamento eletrônico, sua dispersão no espaço dada sua natureza dual. É claro, esta natureza evoca então conhecimentos advindos da Mecânica Quântica.

Um segundo olhar leva a abordagem da Mecânica Quântica ao desenvolvimento das teorias cosmológicas e à procura pelo entendimento das estruturas e da formação do universo, contexto de última instância para a Física no ensino médio.

Mas nem tudo na Teoria Quântica se limita ao conhecimento restrito à comunidade científica. Ao tentar interpretar as conseqüências dos pressupostos teóricos encontram-se problemas de ordem filosófica, os quais vêm sendo utilizados por abordagens religiosas, interpretações da natureza humana, livros de ficção e até mesmo filmes, que vão desde representações do universo dos quadrinhos a dramas que suscitam questões referentes à ética e à conduta do homem.

No entanto, ao analisarmos as conseqüências da adoção de uma estruturação quântica para a Ciência abdica-se da rigidez creditada ao Método Científico, ao dado empírico, e de uma visão determinista de Ciência, tendo em vista o caráter dual do elétron e suas conseqüências filosóficas, ao se admitir uma natureza contraditória para a matéria (noção de

onda e partícula) permitindo construir modelos essencialmente frente a dados que não admitem correlação direta com os fenômenos observados.

Neste ponto de vista, os documentos oficiais vêem a necessidade de uma imagem de Ciência associada à construção humana, contra uma visão tecnicista, positivista. A justificativa para tal encontra-se no que a Mecânica Quântica provocou quando da fundamentação de suas bases epistemológicas.

É neste contexto que este trabalho está inserido.

Em trabalhos anteriores (SUART JÚNIOR, 20008; SUART JÚNIOR e ZULIANI, 2009) procurou-se revisar contradições e elementos essenciais pertinentes aos conteúdos de Mecânica Quântica no entendimento do “mundo” quando se usa a visão da Química.

Os resultados encontrados permitiram esclarecer dúvidas, mas ao mesmo tempo abriram espaço para o aprofundamento em questões mais gerais, e para reconhecer na História e Filosofia da Ciência um potencial inequívoco para a compreensão das questões inerentes à construção da teoria e conceber possíveis trajetórias para a transposição destes problemas no âmbito do ensino e da aprendizagem.

Novas pesquisas, no entanto, mostram que os elementos conceituais e filosóficos geralmente não estão associados nas atividades propostas para ensino de Mecânica Quântica.

No presente trabalho procura-se agora verificar o problema epistêmico reconhecido a partir de um duplo olhar, Físico e Químico, da história da construção da teoria Quântica, e de um elemento que se verifica estar no cerne dos problemas de ensino-aprendizagem dos conceitos relativos ao tema: o Método Científico.

É neste contexto que se procura o entendimento dos alicerces para a construção dos conceitos quânticos aos olhos da epistemologia de Gaston Bachelard e das concepções filosóficas de Ciência através da história do Método Científico, compreender as noções elementares envolvidas no processo, reconhecer pressupostos metafísicos para o entendimento da Teoria Quântica, os quais serão buscados no ideário de licenciandos dos cursos de Física e Química de uma Universidade Estadual fixada em Bauru.

O momento agora é de içar velas e navegar pelo que o senso comum chama de mares revoltos, em busca de um caminho através das águas; as ondas, elas não podem ser maiores do que parecem ser!

1 O CONTEXTO DESTA PESQUISA

A adoção de uma abordagem histórico-filosófica permeia muito mais que a análise do problema proposto. Quando se observa a análise historiográfica é pertinente enquadrar o conhecimento em seu contexto, para que não se caia em uma abordagem considerada wigista, ou seja, parcial na análise do que se procura estudar. É deste princípio que se inicia aqui um breve panorama do cenário epistêmico no qual se insere esta pesquisa.

1.1 A Pesquisa em Ensino de Ciências

Uma série de trabalhos produzidos, teses, dissertações, assim como a existência de periódicos e programas de pós-graduação demonstram que se configura no Brasil uma área de pesquisa conhecida como área de Ensino de Ciências ou área de Educação em Ciências (NARDI e ALMEIDA, 2007)

Nardi e Almeida (2007) procuram, no imaginário de pesquisadores da área, as origens da área de pesquisa em Ensino de Ciências. Os resultados mostram que não está clara a diferença entre características da área e fatores que lhe teriam dado origem. Entre as principais características a inter ou multidisciplinaridade foi citada além do caráter de pesquisa aplicada ou de pesquisa em desenvolvimento.

Para André (2005), o crescimento da área nos últimos 20 anos provocou um aumento na produção e de uma diversidade temática, metodológica e contextual.

A preocupação com a qualidade da pesquisa está estreitamente relacionada com as mudanças que vem ocorrendo nesse campo, pois muitos são os problemas observados de cunho metodológico, referencial, temático ou mesmo contextual.

A evolução da área ocasiona uma recorrência à utilização da antropologia, da história, da lingüística e da filosofia, em contraposição ao uso exclusivo da sociologia. Segundo a autora, constata-se que a compreensão e interpretação dos problemas necessitam de enfoques multi/inter/transdisciplinares e tratamentos multidimensionais. As pesquisas passam a utilizar abordagens qualitativas, e deixam de ter caráter experimental, laboratorial, para realizarem exames de situações reais.

Mas, a área de pesquisa em Ensino de Ciências parece ainda apresentar um caráter pragmatista tanto na escolha dos problemas quanto na preocupação com uma aplicabilidade direta de resultados, aspectos já vislumbrados por pesquisas anteriores de mesmo cunho.

Neste âmbito, referindo-se às “práticas anteriores”, e à influência sofrida por estas pelas políticas educacionais nacionais, que de certa forma deram os parâmetros sob os quais se apoiaram as pesquisas iniciais na área de Ensino de Ciências, encontra-se em Krasilchik (2000) uma revisão histórica das propostas de reformas de Ensino de Ciências.

Partindo da definição de reforma como “medidas de iniciativa do Estado com objetivos e critérios claros e ambiciosos”, Krasilchik (2000) argumenta que, com o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia, ao longo do tempo, o ensino de Ciências sofreu valorização. Um importante fato citado é a guerra fria que gerou ,nos Estados Unidos, uma reforma educacional voltada para o desenvolvimento científico-tecnológico, caracterizada pelos programas “sopa-alfabética”.

Assim como no exterior, o Brasil também teve em suas reformas um reflexo do contexto sócio-econômico. A Lei 4.024 de dezembro de 1961 ampliou no currículo escolar a participação das ciências, que adquiriram a função de desenvolver o espírito crítico com o exercício do método científico. A ditadura trouxe modificações e a LDB 5.692 de 1971 norteia então estas modificações colocando as disciplinas científicas sob caráter técnico profissionalizante.

Já em 1996 a LDB 9.394/96 vincula a educação escolar ao mundo do trabalho e da prática social. O ensino médio tem a função de consolidação dos conhecimentos e a preparação para o trabalho e a cidadania. Ainda que a lei indique os valores e objetivos, espera-se que a escola forme o cidadão-trabalhador-estudante.

As modalidades didáticas dependem fundamentalmente da concepção de aprendizagem adotada, modificando-se com o tempo. Por exemplo, nos anos 60 o processo ensino-aprendizagem era influenciado por educadores comportamentalistas. As idéias da Escola Nova e de Piaget foram conhecidas e discutidas somente no final dos anos 60, na qual a perspectiva cognitivista foi tomada como um *slogan* pelos documentos oficiais brasileiros (fato ainda presente).

Se as modalidades didáticas sofreram influência, os conteúdos e grandes temas incluídos no currículo também, refletindo ideias sobre Ciência ao longo do tempo. As implicações sociais das Ciências passam a fazer parte das propostas curriculares, o ensino público não formará mais cientistas, mas fornecerá ao cidadão elementos para viver melhor e participar do breve processo de redemocratização. Os alunos começam a estudar conteúdos científicos relevantes para a sua vida, no sentido de identificar os problemas e buscar soluções para os mesmos. Novos componentes foram incluídos no vocabulário e nas preocupações dos educadores; a relação entre Ciência e Sociedade provocou a intensificação de estudos da

História e Filosofia da Ciência, ressaltando-se que os alunos não serão bem formados se não correlacionarem as disciplinas escolares com a atividade científica e tecnológica.

A avaliação sempre teve um importante papel na escola. No Brasil, o exame vestibular mais do que função classificatória, tem grande influência nos ensinos fundamental e médio. Com a democratização do país e a disputa por verbas para a manutenção dos sistemas escolares, aumenta a pressão por dados que possam servir de indicadores que orientem decisões dos sistemas em todos os níveis. No entanto, a capacidade de resolver problemas e de compreensão conceitual exigem novas formas de avaliação, provas dissertativas e redações teriam como função a demonstração da capacidade de organização lógica e de expressão temática.

Pesquisas na área surgem com expressão a partir dos programas de pós-graduação, assumindo as organizações acadêmicas, a responsabilidade de investigar e procurar fatores e situações que melhorem os processos de ensino e aprendizagem. Assim como ocorreram mudanças nas propostas curriculares, a pesquisa também evolui com o tempo, iniciando com ênfase nos projetos curriculares, passando a operar através de análises de observação direta, estudos de documentos, entrevistas entre outros.

André (2005) coloca então a importância de criação de critérios de avaliação específicos para a área de Ensino de Ciências contrários aos pressupostos pregados pela pesquisa positivista (área dura). Nesse aspecto cabe ainda o esclarecimento às instituições do rigor e do foco da área no desenvolvimento de seus programas. Levando-se em consideração o rigor e os critérios anti-positivistas a autora enfatiza a necessidade de apreensão da perspectiva do “outro” na pesquisa etnográfica e a necessidade de diferenciação explícita de participantes, autores e atores no caso da pesquisa-ação.

Problemas de fragilidade metodológica também são expostos pelo texto que cita o uso de porções reduzidas da realidade, número limitado de observações e de sujeitos, levantamento de opiniões com instrumentos precários, análises pouco fundamentadas e interpretações sem respaldo teórico (ANDRÉ, 2005).

1.2 - As pesquisas em Ensino de Mecânica Quântica e o Ensino de Ciências – produções, contexto, parâmetros e desafios.

Neste momento, procura-se compreender o panorama das pesquisas relativas ao ensino de tópicos de Mecânica Quântica no Ensino de Ciências. Para tanto, as principais revistas publicadas no país foram consultadas, observando-se os critérios de avaliação das publicações

de acordo com o sistema Qualis da Capes, em artigos publicados nos últimos dez anos (1999 a 2009).

É importante relatar os principais aspectos de um dos trabalhos pioneiros no Ensino de Física Moderna dentro da área de Ensino de Ciências produzido por Terrazzan (1994). Tratando-se essa sessão ainda de um panorama, é de vital importância verificar tais resultados já que o referido autor parte também de um olhar sobre as produções na área, que revelam os princípios que nortearam as pesquisas posteriores.

Terrazzan (1994) identifica em seu estado da arte das produções estrangeiras três grandes correntes de pensamento relativas à inclusão de tópicos de Mecânica Quântica no ensino secundário.

- Explorar os Limites dos Modelos Clássicos
- Evitar Referência aos Modelos Semiclássicos
- Escolher os Tópicos Essenciais

A primeira corrente é associada aos pesquisadores Daniel Gil e Jordi Solbes na qual se opta por explorar os limites dos Modelos Clássicos, ou seja, a apresentação da física moderna de forma construtivista a partir da evolução histórica dos conceitos, dando ênfase às limitações dos modelos clássicos para explicar os fenômenos quânticos.

Terrazzan (1994) enxerga essa abordagem como viável dentro do contexto educacional brasileiro à época de seu estudo. A inexistência de tópicos de física moderna nos currículos brasileiros da escola secundária – centrados nos conceitos clássicos – admitiria essa abordagem num modelo de ruptura didático-pedagógica factível ao autor.

Uma segunda corrente formulada a partir da atitude de repulsa aos modelos semi-clássicos é representada por Helmut Fischler e Michael Lichtfeldt. Aqui a idéia é de que modelos semi-clássicos como referência para a formulação de conceitos quânticos interferem negativamente. Terrazzan vê nessa posição um elemento didático importante, já que é razoável uma formulação mais atualizada desprovida de imagens presas aos conceitos clássicos que operariam como obstáculos para a aprendizagem do contexto teórico-conceitual pertinente à Mecânica Quântica, essencialmente no que se revela em suas imagens não usuais para elementos linguísticos recorrentes no cotidiano.

A terceira via observada pelo autor é apontada como intermediária. Centra-se nos trabalhos de Arnold Arons, cuja perspectiva se aproxima de Gil e Solbes, mas que Terrazzan admite diferente. Segundo este, Arons abre mão de muitos conceitos a serem ensinados no

ensino médio relativo à Mecânica Quântica, para a construção então de percepções (*insights*) sobre alguns conceitos. Os livros didáticos estão em consonância com essa visão já que geralmente abdicam do processo histórico.

Em sua análise, Terrazzan (1994) partilha da opinião de que os conceitos quânticos não admitem uma estrutura de aprendizagem mais complexa do que os modelos clássicos, fato que justifica ao evocar a História da Ciência. O autor se mostra favorável à postura bachelardiana de ruptura epistemológica, propondo para o ensino de Física Moderna uma dupla ruptura: uma primeira em que se rompa com o senso comum, seguida de outra em que o senso seja transformado com base na Ciência. Desta forma a primeira constituiria um novo conhecimento enquanto a segunda o consolidaria. Mas Terrazzan esclarece que essa postura só faz sentido se também estiver intrincada no professor, ou seja, a alteração da postura do professor em relação a sua própria concepção de conhecimento, o que, segundo ele, constrói autonomia para a reformulação constante de sua atividade pedagógica.

Em sua posição final, Terrazzan traça a perspectiva histórica como essencial, instrumento didático central no tratamento dos tópicos de Mecânica Quântica. Qualquer princípio generalizador não faz sentido para o autor como proposta impositiva no tratamento da Física Moderna tendo em vista, ele privilegiar a autonomia do professor e as questões específicas de cada âmbito escolar. Portanto, o que se explora em seu trabalho segundo o próprio autor são “pistas”.

Agora se inicia a descrição dos resultados obtidos através do olhar sobre as produções encontradas no período proposto. Desde já um aspecto se torna extremamente importante e deve ser focado: o levantamento bibliográfico não encontrou pesquisas relativas à Mecânica Quântica no ensino de Química. As produções encontradas voltam-se para o ensino de Física, as quais denominam os tópicos como “Física Moderna”. As produções vão desde perspectivas culturais à formação de professores, abordando ainda o ensino médio e o ensino superior.

Em uma revisão da literatura referente aos tópicos de ensino de Mecânica Quântica Greca e Moreira (2001) e Ostermann e Moreira (2000) se deparam com problemas semelhantes. As análises e metodologias desenvolvidas e apresentadas, até a época dos levantamentos, além de serem escassas geralmente encontram-se desprovidas de referenciais teóricos. Ostermann e Moreira (2000) concluem ainda que a área necessita de um amadurecimento nas linhas de pesquisas referentes ao ensino de Mecânica Quântica no ensino médio.

Greca e Moreira (2001) desenvolvem o estudo dividindo os artigos em três classes:

- artigos sobre concepções dos estudantes a respeito de conteúdos de Mecânica Quântica,;
- trabalhos com críticas aos cursos introdutórios de Mecânica Quântica ;
- estudos contendo propostas de novas estratégias didáticas.

Já Ostermann e Moreira (2000) classificam os artigos segundo aspectos em destaque:

- justificativas para a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio;
- questões metodológicas, epistemológicas, históricas referentes ao ensino de FMC;
- estratégias de ensino e currículos;
- concepções alternativas dos estudantes acerca de tópicos de FMC;
- temas de FMC apresentados como divulgação ou como bibliografia de consulta para professores de nível médio;
- propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem;
- livros didáticos de nível médio que inserem temas de FMC. (p. 23)

Nos dois levantamentos bibliográficos constata-se a dificuldade de abordagem por parte dos professores no desenvolvimento do tema em sala de aula. Geralmente a complexidade envolvida no que concerne à teoria como desenvolvimento científico-filosófico não é abordada, nem mesmo o desafio epistemológico que é a Mecânica Quântica, quanto à ruptura com os conceitos clássicos, geralmente utilizados nas tentativas de transposição didática.

Os dois levantamentos trazem importantes justificativas para o ensino do tema, tanto para o ensino médio como para o ensino superior. As justificativas apresentadas consideram o despertar da curiosidade dos alunos, a contextualização dos temas atuais em Física, a possibilidade de atração para as carreiras científicas, conectar o estudante com sua própria história, as consequências tecnológicas da Mecânica Quântica, etc.

Andrade et al (2007) abordam a utilização de pinturas surrealistas de Salvador Dali como elemento de aproximação entre a Cultura Científica e a Cultura Artística. Através da análise de quadros, eles encontram elementos de Física Moderna na estruturação das obras, indicando uma apropriação da Ciência fora do contexto pragmático desta.

Ao estudar a utilização do Ciclo da Experiência Kellyana para a construção do conhecimento relativo à difração de elétrons, Barros e Bastos (2007) apontam para a experimentação quer seja virtual ou real como forma de construir novas concepções nos alunos e verificam que a orientação para a articulação entre diversas interpretações possibilita uma compreensão menos fragmentada e mais significativa.

Ao formular uma proposta de formação continuada específica para Física Quântica, Ostermann e Ricci (2005) mencionam a falta de contribuição da História e Filosofia, e criticam abordagens excessivamente matemáticas ou mesmo aproximações com a Física Clássica nos tradicionais cursos de formação de professores, o que contribui para abordagens pouco conceituais e qualitativas no ensino médio, e ressaltam a dificuldade de domínio por parte dos professores neste assunto. Como resultado de pesquisa, os autores apontam a experimentação orientada (ainda que virtual), o uso de materiais alternativos (livros) e abordagens conceituais como meios de reflexão sobre os paradigmas da Física Quântica e a construção de conceitos mais elaborados e em concordância com esta.

Lobato e Greca (2005) ao estudar currículos de ensino secundário de diversos países encontram principalmente abordagens históricas aplicadas na maior parte das vezes no final curso (assim como no Brasil). Outras abordagens também foram encontradas (CTS, por exemplo), no entanto carecem de pesquisa quanto a sua validade e resultados obtidos. Importante ressaltar que as autoras salientam que professores em início de carreira apresentam problemas conceituais semelhantes aos de alunos do secundário.

Em 2008, Ostermann, junto com Prado e Ricci, (OSTERMANN et al, 2008) realizam uma segunda análise do curso de formação de professores proposto em 2005 e ressaltam então dois pontos pertinentes:

Uma premissa básica assumida no âmbito da formação inicial e continuada de professores do Ensino Médio é que uma abordagem mais conceitual e qualitativa da FQ, além de mais efetiva, é mais adequada, pois possíveis transposições didáticas para o Ensino Médio dependem fortemente de uma sólida formação conceitual, que só poderá ser construída se fundamentada em discussões epistemológicas e ontológicas (OSTERMANN; PRADO E RICCI, 2008, p.36). [...]
No que diz respeito à introdução da FMC no Ensino Médio, é reconhecida a pouca tradição didática desses conteúdos mais atuais de Física. Tanto no exterior como no Brasil, essa linha de investigação tem focalizado bem mais o conteúdo específico, em detrimento de aspectos metodológicos e fundamentos teórico-epistemológicos, em suas publicações, o que acaba representando mais um obstáculo para a construção do conhecimento pedagógico do conteúdo da FMC pelos professores. (p.39)

Partindo de uma perspectiva cultural e valendo-se da Epistemologia de Bachelard, Pinto e Zanetic (1999) encontram resultados semelhantes, destacando a utilização de várias interpretações para construção individual do aluno, a História e Filosofia como elemento orientador, a importância da experimentação e a fuga do formalismo matemático como instrumento de justificação.

Em 2009 dois artigos são de extrema relevância. Rezende Júnior e De Souza Cruz (2009) apontam problemas semelhantes aos relatados nos levantamentos de 2000 e 2001. Neste aspecto:

[...] passada mais de uma década de pesquisa, a dificuldade e lentidão da inserção destes tópicos no EM indicam a presença de obstáculos marcantes, dentre eles: a falta de um objetivo mais claro do que se quer com esta inserção, falta de material didático adaptável e dificuldades estruturais no processo de formação dos professores (REZENDE JÚNIOR e DE SOUZA CRUZ, 2009, p. 307).

Os autores, ao analisar os resultados de pesquisa realizada utilizando entrevistas com estudantes dos dois últimos anos de curso de Licenciatura em Física, suas perspectivas e posições quanto ao ensino de Física Moderna, projetam-se sobre problemas maiores que permeiam diversas áreas relativas ao ensino de Ciências, buscando as questões referentes aos objetivos educacionais, aos pressupostos da investigação na área de pesquisa em Ensino de Ciências e suas contribuições para a Escola:

Assim, da mesma forma que ficou evidenciado na fala dos entrevistados, deve-se soar o alerta de que a mera tentativa de enquadrar os temas de FMC em moldes didático-metodológicos tradicionais contribuirá apenas para adicionar temas diferentes de Física, sem, contudo, tocar na parte mais sensível que é a necessidade de redefinir o objeto a ser estudado. Isso implica rever não só o que ensinar, mas também a concepção de Ensino de Ciência e de Ciência, [...]. (REZENDE JÚNIOR e DE SOUZA CRUZ, 2009, p. 309).

E vêm à tona, ainda, questões tão importantes quanto a citada acima. Ao analisar as observações dos licenciandos em Física, os autores encontram o currículo e a tradição como obstáculos epistêmicos para o desenvolvimento dos temas em Mecânica Quântica. Fica explícito que há uma disparidade evidente entre os objetivos da educação básica e do Ensino Superior, e que as perspectivas do segundo acabam perpassando as fronteiras da Escola Básica, sendo “reproduzidas” dentro de uma racionalidade instrumental, observando-se limitações de tempo e as proposições dos documentos oficiais:

E embora já questionado por pesquisadores, o ensino tradicional tem um forte argumento a seu favor: a impossibilidade temporal de tratar todos os aspectos e ramificações da Física. Esta linearização seria assim, segundo seus defensores, a forma mais ordenada e rápida de se alcançarem os conhecimentos mínimos necessários de Física. Seu histórico mostra também que, apesar dos críticos, este paradigma de ensino tem conseguido formar bons físicos e engenheiros ao longo dos anos. Contudo, apesar deste argumento quase secular, é preciso esclarecer que este sistema tem funcionado, porém, prioritariamente para futuros físicos e engenheiros, pois geralmente não é para estes um caso terminal; em geral, ele é acompanhado de

outras atividades extraclasse, tais como trabalhos de iniciação científica e de estágio. Além disso, a formação final para os físicos só vai ocorrer com o mestrado e doutorado, onde se espera que consigam fazer as conexões necessárias entre os fenômenos que estiverem pesquisando e todo o arsenal teórico e experimental adquirido nos cursos de formação inicial. Para aqueles que defendem essa linearização secular, cabe a seguinte pergunta: e para aqueles que seguirão outras carreiras ou terão, no EM, o término de sua educação básica? (REZENDE JÚNIOR e DE SOUZA CRUZ, 2009, p. 311).

Ao analisar então as propostas de inclusão de temas de “Física Moderna” no ensino básico efetuadas pelos entrevistados, os autores atentam para as dificuldades epistemológicas referentes aos temas abordados e para os elementos fenomenológicos dos tópicos propostos. A questão relativa aos enfoques clássicos dados aos conceitos, a perspectiva instrumental da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade baseada e justificada pelo aparato matemático parecem ser os norteadores na decisão dos licenciandos com relação aos tópicos escolhidos:

De modo geral, os temas propostos na lista pelos entrevistados são aparentemente desconexos conceitualmente. Por exemplo, Raios-X, Laser, Partículas elementares, Radiações Nucleares formam um conjunto conceitualmente desconexo, o que dificulta a formulação de estratégias didáticas e a estruturação de propostas. É interessante analisar a dissonância entre os objetivos apregoados, tais como: discutir a visão de ciência, identificação de fenômenos de natureza quântica no dia-a-dia e na tecnologia, e as proposições de temas. Os dados obtidos indicam uma visão fragmentada da FMC, que pode estar refletindo características da formação inicial. (REZENDE JÚNIOR e DE SOUZA CRUZ, 2009, p. 313).

Porém, a maioria dos temas sintetizados na Tabela 1 envolve conjecturas e interpretações, e, consequentemente, mobilizam conhecimentos diversos, o que obriga a existência de uma discussão, sobretudo conceitual e fenomenológica. Por outro lado, nota-se que, entre os temas mais sugeridos, encontram-se a Relatividade (Restrita), Átomo de Bohr e Efeito Fotoelétrico, cuja matemática não difere em nada da matemática associada à Física Clássica. Entretanto é necessário enfatizar que tais temas exigem um tratamento muito diferente daqueles dados a temas que didaticamente são tratados conforme a tradição, onde primeiramente se desenvolve a teoria, depois trabalham-se exemplos e, finalmente, aplica-se uma lista de exercícios. Isto indica que a matemática pode estar sendo usada como uma “fuga” e que o entendimento sobre as relações entre o formal e o conceitual no contexto da FMC não seja bem compreendido (REZENDE JÚNIOR e DE SOUZA CRUZ, 2009, p. 315).

Estudando o discurso de professores com relação á atividades referentes ao ensino de tópicos de Física Moderna, Monteiro (2009) também se depara com uma racionalidade instrumental e uma visão instrumentalista da Mecânica Quântica, com dificuldades em relação ao tema baseadas em aspectos matemáticos da teoria. A autora encontra mais uma vez os resultados de um modelo tradicionalista de formação de professores:

[...] percebe-se, nos discursos dos mesmos, as marcas de uma formação profissional pautada em perspectivas teóricas que os inviabilizam em tal empreitada; em

particular, há uma formação pautada na racionalidade técnica, especialmente no tocante à separação entre “disciplinas pedagógicas” e “disciplinas de conteúdos específicos”, inviabilizando uma compreensão minimamente satisfatória do próprio objeto do conhecimento pelos professores (MONTEIRO; NARDI e BASTOS FILHO, 2009, p. 576)

As propostas de estudo encontradas e descritas acima apontam para um cenário complexo, não só no que representa o desafio conceitual que é a Mecânica Quântica, mas também no que envolve o aparato lógico-educacional que justifica o ensino dos temas contemporâneos. É de se ressaltar que os levantamentos bibliográficos e as entrevistas mostram a carência de estudos de “abordagens informativas” em detrimento de estruturas puramente matemáticas. No entanto, vale acrescentar que mesmo informativas as abordagens em questão não podem minimizar o desafio epistêmico que representa a Mecânica Quântica, elemento que recai sobre estruturadores da Ciência e nem mesmo instrumentalizar o ensino desses conceitos em favor de uma visão simplesmente tecnológica. Nesse sentido concorda-se com Pinto e Zanetic (1999) ao defenderem uma visão cultural para essa questão.

Uma questão levantada acima deve ser destacada além das já discutidas. As propostas e estudos pertencem ao universo da Física, e procura-se aqui sustentar as necessidades e possibilidades referentes à Química também. Quer seja por via CTS ou Histórico-filosófica, os documentos oficiais defendem aspectos mais gerais, que recaem sobre a interdisciplinaridade e o contexto escolar, sobre a necessidade de modificar a visão tradicional de Ciência construída na escola.

Os PCNEM (BRASIL, 1999) apontam o Ensino Médio como uma extensão das particularidades do Ensino Fundamental, no entanto, de forma mais avançada, dado o nível de maturidade dos alunos. Nesse ponto de vista são defendidos os aprofundamentos dos conteúdos disciplinares e abordagens interdisciplinares sem que se dissolvam as especificidades de cada disciplina.

Segundo os PCNEM:

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. (BRASIL, 1999, p.207)

Ao incorporar não só o conhecimento teórico, mas também prático-tecnológico, os PCNEM abordam a necessidade da discussão em um nível que permita a avaliação de riscos e benefícios em procedimentos tecnológicos, num caráter de cidadania e profissionalização. Ao

mesmo tempo evidencia-se a necessidade de uma abordagem menos tecnicista e mais cultural do conhecimento:

Deve propiciar a construção de compreensão dinâmica da nossa vivência material, de convívio harmônico com o mundo da informação, de entendimento histórico da vida, do planeta e do cosmos, enfim, um aprendizado com caráter prático e crítico e uma participação no romance da cultura científica, ingrediente essencial da aventura humana (BRASIL, 1999, p.208)

Como ponto de partida desta nova postura defende-se então a utilização de elementos do domínio vivencial sem que isso limite o alcance do conhecimento, mas sim dando significado ao mesmo. Nessa perspectiva, os PCNEM apontam o caso específico da Física como exemplo:

Para o ensino médio puramente propedêutico atual, as disciplinas científicas, como a Física, tem omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. (BRASIL, 1999, p.209)

No entanto os parâmetros curriculares demonstram uma preocupação com o caráter técnico-instrumentalista da apresentação dos conteúdos e a necessidade da contribuição dos elementos filosóficos pertinentes:

Trata-se, isso sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos **princípios científicos** em que se baseiam (BRASIL, 1999, p.209, grifo nosso).

Lado a lado com a demarcação disciplinar os PCNEM retomam a discussão pertinente à interdisciplinaridade, num contexto orgânico, salientando como exemplo o caso dos modelos atômicos:

Uma compreensão atualizada do conceito de energia, dos modelos de átomo e de moléculas, por exemplo, não é algo “da Física”, pois é igualmente “da Química”, sendo também essencial à Biologia molecular, num exemplo de conceitos e modelos que transitam entre as disciplinas. (BRASIL, 1999, p.209).

Os PCNEM de Física são claros quanto à utilização de modelos, especialmente ao tratar dos modelos microscópicos, os quais devem estar associados aos fenômenos macroscópicos que querem explicar.

Ao citar elementos da óptica e do eletromagnetismo, os PCNEM fazem uma ligação direta com as estruturas da Mecânica Quântica, em associação com a discussão dos modelos microscópicos. Segundo os parâmetros:

A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos (BRASIL, 1999, p.234).

Por outro lado, os PCNEM de Química explicitam o uso do conhecimento advindo do cotidiano, fazendo deste o ponto de partida para a construção de novos conhecimentos, admitindo mudanças conceituais. Importante ressaltar que a Química é vista como uma “ciência nuclear”, de onde se obtém conhecimento para a interpretação de outras ciências::

Nessa etapa, desenvolvem-se “ferramentas químicas” mais apropriadas para estabelecer ligações com outros campos do conhecimento. É o início da interdisciplinaridade (BRASIL, 1999, p.242).

No entanto a natureza quântica da matéria parece ser colocada em um nível desnecessário de abstração para o entendimento da natureza para os PCNEM referentes à Química:

Entretanto, um entendimento amplo da transformação química envolve também a busca de explicações para os fatos estudados, recorrendo-se a interpretações conforme modelos explicativos microscópicos; Nessa fase inicial, não se pode pretender esgotar tal assunto, procurando-se apresentar as idéias menos complexas acerca da estrutura atômica e ligação química e que são suficientes para dar conta dos fatos macroscópicos que se quer explicar (BRASIL, 1999, p.242).

A impressão que tal discurso nos revela é de que os conceitos estruturados de forma clássica seriam suficientes na busca pelas explicações dos fenômenos estudados. É necessário refletir sobre as imagens e os conceitos em se tratando de atomística, já que, cabe questionar o quanto essas abordagens são menos complexas para os estudantes (elemento também evocado por Terrazzan (1994)). A exemplo pode-se citar o conceito de força, cujas imagens não têm respectivo no ideário cotidiano.

É importante verificar que antagonicamente é defendida uma posição contra a estagnação dos modelos e práticas educacionais que privilegiam os conteúdos clássicos:

Ao contrário, é preciso superar a visão enciclopédica do currículo, que é um obstáculo à verdadeira atualização do ensino, em que pré-requisitos fechados proíbem o aprendizado de aspectos modernos antes de se completar o aprendizado clássico [...] (BRASIL, 1999, p.263)

A inconsistência em questão não é recente já que Terrazzan (1994) já evidenciara tal contexto:

Entre essas demandas, os fundamentos físicos da química têm sido, há mais de meio século, o cenário de um patético desencontro. Por um lado, o ensino da química na

escola média promove a memorização detalhada de níveis quânticos, com suas denominações, seus números e suas fórmulas e, por outro lado, o ensino da física ignora olímpicamente qualquer noção quântica, não tratando sequer qualitativamente um modelo quântico de átomo. O modelo atômico de Bohr, por exemplo, poderia pelo menos justificar os números inteiros da contagem discreta de estados de que se utilizam os químicos (p.173).

Os parâmetros procuram salientar a importância da utilização de situações-problema e da riqueza de elementos que estas trazem consigo como forma de estruturar trabalhos em grupo, como contribuição para a aquisição de sistemas argumentativos, metodologias de pesquisa, organização e autonomia, na perspectiva de que assim contribua-se para um modelo de Ciência distinto do senso comum. Ponto de vista que é defendido quando se destaca o conhecimento da Física: “Essa percepção do saber físico como construção humana constitui-se condição necessária [...]” (BRASIL, 1999, p.235).

Finalmente encontra-se a defesa de abordagens qualitativas que permitam ao aluno a construção de suas próprias hipóteses e algoritmos e que desmistifiquem uma matematização do mundo:

Outro aspecto metodológico a ser considerado, no ensino das ciências em geral, com possível destaque para a Química e a Física, diz respeito às abordagens quantitativas e às qualitativas. Deve-se iniciar o estudo sempre pelos aspectos qualitativos e só então introduzir tratamento quantitativo. Este deve ser feito de tal maneira que os alunos percebam as relações quantitativas sem a necessidade de utilização de algoritmos. Os alunos, a partir do entendimento do assunto, poderão construir seus próprios algoritmos (BRASIL, 1999, p.268).

As contradições existentes nos discursos encontrados nos documentos oficiais denotam a dificuldade por parte dos educadores ao articular o produto das pesquisas com as políticas educacionais, demonstrando também o desafio presente no efetivo avanço na educação básica, encontrando-se os pesquisadores em posição de risco ao assumir tais posições epistêmicas.

Deste ponto de vista defende-se que se a construção de um conhecimento científico contextualizado, fruto de uma construção social e humana, advindo da experimentação de caráter não positivista é um dos objetivos da pesquisa em Ensino de Ciências, então esta também “é” a busca dos documentos oficiais. Os tópicos de Mecânica Quântica representam as limitações desta concepção de Ciência do senso comum, assim como de seus métodos e crenças mais habituais, abrindo espaço para discussões referentes aos limites do conhecimento humano e da transposição do conhecimento acadêmico para a sociedade quando da divulgação através da linguagem cotidiana.

Segundo Núñez et al. (2002):

A ciência procura explicar a natureza utilizando modelos como representações teóricas que constituem sistemas epistêmicos de explicação, ou seja, os próprios conceitos e teorias são modelos, com suas potencialidades e limitações.

No entanto como enxergar esta interdisciplinaridade tão recorrente nos textos dos documentos oficiais? O que é interdisciplinaridade?

A questão levantada não é de fácil entendimento. No entanto não é de se contradizer a importância da interdisciplinaridade dentro de um contexto científico e educacional repleto de heranças de um positivismo, no qual temos uma divisão da Ciência e também uma desvalorização do campo filosófico do conhecimento.

Para Pierson e Neves (2007):

A demanda pelo interdisciplinar não é meramente acadêmica ou um privilégio científico, mas, acima de tudo, é uma demanda social. Ela parte da sociedade, de um modo geral, que reclama soluções para os problemas gerados pelo desenvolvimento. Estamos diante de setores da comunidade como o dos profissionais e estudantes, que reivindicam melhor preparo e formação, e as ciências, em especial, que em determinados momentos e aspectos tiveram seu desenvolvimento perturbado pela excessiva especialização (p.121).

Contra esta divisão do conhecimento, a interdisciplinaridade aparece como um modo de aproximar os conhecimentos e de privilegiar o trabalho dinâmico e contextualizado. Guerra et al (1998, p.33) colocam duas posições com relação ao trabalho interdisciplinar:

Para superar essa compartimentalização, é comum propor-se um trabalho interdisciplinar na escola. A proposta interdisciplinar de ensino pode ser concretizada basicamente sobre dois aspectos. A partir de uma abordagem que privilegie a compreensão do processo de produção do conhecimento, ou, o que é mais comum, a partir de um tema gerador único que irá ser trabalhado pelas diferentes disciplinas.

Contudo, não há um consenso ainda com relação à definição de interdisciplinaridade, como entender sua epistemologia ou ainda desenvolver práticas educacionais a partir do conceito elaborado. Algumas pesquisas tentam encontrar pontos de apoio. Segundo Lavaqui e Batista (2007, p.405)

[...] pode se afirmar que, inicialmente, as discussões em torno da interdisciplinaridade foram se desenvolvendo, preponderantemente, em um contexto mais direcionado à pesquisa científica, não enfatizando a prática educativa e tomando, como referência, as demandas ligadas sobretudo às dificuldades encontradas pelo conhecimento científico em fazer frente à excessiva especialização do conhecimento.

Sendo assim, o conceito de interdisciplinaridade encontra um segundo desafio ao se comprometer com o engajamento dentro do universo escolar, das pesquisas em educação e do preconizado pelos documentos oficiais. (LAVAQUI e BATISTA, 2007).

Segundo os autores:

Dessa forma, a interdisciplinaridade escolar necessita estar fundamentada em pressupostos que indiquem uma orientação epistemológica ao processo, de forma a permitir um delineamento quanto aos objetivos educacionais e outros aspectos formativos que se pretende que os educandos venham a desenvolver. (LAVAQUI e BATISTA, 2007, p.408)

A questão então reside no conceito de interdisciplinaridade para a Ciência versus um modelo capaz de se integrar dentro do plano educacional, para os autores, é onde reside então o problema central:

A interdisciplinaridade, como entendida no campo da Ciência, não se apresenta como viável de ser implementada na perspectiva educacional, pois, dentre outras características, a concepção de disciplina escolar é diferente da concepção de disciplina científica, e os objetivos da disciplina escolar também o são em relação às disciplinas científicas. Disso decorre a inadequação da simples transferência de referenciais teórico-metodológicos daquela para a fundamentação desta última. (LAVAQUI e BATISTA, 2007, p.417, grifo do autor)

Frente ao presente desafio epistêmico, os conteúdos de atomística, em que se encontram as definições de modelos atômicos, estão permeados por muitas definições e conceitos de domínio da Física, o que necessita de uma abordagem interdisciplinar, como já criticado por Terrazzan (1994). Lopes (2004) observa que:

Se por conceito se entende os objectos de conhecimento então temos de ter em consideração o conjunto de propriedades que constituem o conceito, os fenómenos que entram na sua especificação, etc. (p.100)

Mas o que se encontra então é uma verdadeira ruptura entre as duas Ciências. Os conteúdos referentes aos modelos atômicos são abordados nos primeiros tópicos do primeiro ano do ensino médio na disciplina de Química, e mostram-se cognitivamente elevados, porém, são essenciais ao desenvolvimento dos tópicos seguintes como ligações químicas. Neste sentido, constata-se os problemas relativos à escassez de produções na área voltada para Química, cujo problema Rezende Júnior e de Souza Cruz, (2009) apontam:

[...] quando se remete à FMC, os problemas têm implicações mais nocivas, visto que a mesma é praticamente inexistente no EM, sendo que alguns de seus tópicos e temas se fazem presentes caricatamente na disciplina de Química. (p.318)

Para as autoras, uma teoria física é a coexistência de dois conjuntos de signos: signos matemáticos e lingüísticos. De tal maneira que, embora o modelo matemático seja carregado

de forma implícita ele não constitui por si só uma descrição dos fenômenos, ou seja, seria este semanticamente cego. Para os físicos, os modelos são então instrumentos de trabalho, representações simplificadas de um problema.

Na Química encontra-se um processo bastante diferenciado pelo qual a representação pictórica admite um outro nível de complexidade. A manipulação mental dos modelos é que permite que a realidade química se torne inteligível.

Segundo Greca e Santos (2005):

Na Química o processo de modelação tal como é apresentado aos estudantes é bastante diferenciado. Na Física desde o início da carreira universitária, modelar uma situação envolve, como vimos, expressar matematicamente as relações físicas entre os objetos idealizados para modelá-la, a partir dos supostos de um dado modelo. Na Química, no entanto, este tipo de modelação é deixado para níveis mais avançados. Em geral, ao nível universitário introdutório, se pretende que os estudantes sejam capazes de modelar uma situação a partir da utilização de uma representação pictórica, que lhes permita raciocinar e que possa ser expressa na sua contrapartida simbólica. (p. 36)

A Química admitiria ainda uma complexidade multi-conceitual, em que uma ampla variedade de substâncias e comportamentos físicos e químicos é examinada nas transformações, o que exige múltiplas interpretações para dar conta de tal dinâmica, enquanto na Física, existe uma tendência à redução dos fenômenos a entes ideais de uma realidade simplificada e idealizada.

Outro ponto admitido pelas autoras é que os modelos químicos nem sempre admitem extensa matematização, reflexo do processo histórico em que a Química se viu determinada por uma sistemática experimental. A complexidade epistêmica da Química aceita também formas de mecanização dos processos que admitem a construção de algoritmos de natureza própria, distinto da matemática usual na Física, o que se pode verificar ao compreender o significado das sequências reacionais consideradas pelos Químicos.

Diferentemente da Física, a Química admitiria também a coexistência de diferentes modelos, sem que necessariamente um seja mais preditivo do que outro.

Segundo as autoras, essa característica das duas áreas é reflexo de pressupostos filosóficos aceitos em sua estruturação histórica. Enquanto a Física admitiria uma natureza dinamicista, a Química teria estruturado seu corpo de significado em pressupostos mecanicistas. Desta forma:

Em resumo, enquanto a Física foi se encaminhando cada vez mais aos padrões dos dinamicistas, rejeitando a visualização, e apoiando-se cada vez mais em estruturas matemáticas abstratas e generalizáveis, a Química manteve, em várias áreas, uma tradição mecanicista, com seus modelos particulares, visualizáveis, representáveis e

objetivamente válidos e verdadeiros da natureza. É importante assinalar que estes elementos aparecem refletidos tanto nos livros didáticos usados nas duas disciplinas, quanto nos programas de estudo. (GRECA e SANTOS, 2005, p. 42)

Para ilustrar a separação conceitual admitida entre as duas áreas, as autoras (GRECA e SANTOS, 2005, p. 43) usam os modelos atômicos:

Um conteúdo interessante de observar essas diferenças entre as formas de modelar em Química e em Física e as dificuldades que essas diferentes formas trazem para a compreensão dos estudantes é o que se refere aos modelos atômicos. O que acontece quando os alunos aprendem modelos atômicos que são ensinados sob um ponto de vista químico e mais tarde devem reinterpretar esses mesmos modelos sob o ponto de vista físico? Sob o ponto de vista químico eles aprendem o átomo como um sistema material, concreto, realista, cujos elétrons percorrem clássicas trajetórias bem definidas. Este modelo não se reduz somente a uma analogia “didática”, senão que ele serve de base para a compreensão dos processos de interação entre espécies atômicas e moleculares diferentes. Esse modelo realista permite que o aluno compreenda mecanismos de reações químicas, ligações entre átomos, etc. Tanto é assim que muitos alunos ao representar na fórmula de Lewis uma ligação química entre íons, representam elétrons como partículas que trocam de átomos, alguns alunos inclusive representam com símbolos e cores diferentes os elétrons de cada espécie em ligação. Por outra parte, quando o estudante deve estudar o mesmo assunto na Física deve compreender que não pode associar-se o elétron a uma partícula clássica, que pelo princípio da incerteza, o elétron não possui nem dimensão nem posição definidas, que são indistinguíveis os elétrons de diferentes átomos, e que a melhor forma de descrever o comportamento é dado pelo quadrado da amplitude de onda de uma equação matemática, que é a equação de Schrödinger. Os alunos também devem apreender que é impossível ter uma representação analógica apropriada para essa abstração matemática.

O contexto descrito acima coloca esta pesquisa dentro de um âmbito um tanto quanto particular: os trabalhos realizados com relação ao tema escolhido são escassos tanto quanto as abordagens interdisciplinares. Ao mesmo tempo a pesquisa em questão insere-se num contexto ainda em construção, cujos limites e objetivos ainda não são totalmente conhecidos e/ou definidos. Um terceiro ponto ainda deve ser levantado: os trabalhos anteriores, motivadores deste e o levantamento bibliográfico apresentado denunciam um grande desafio epistêmico no que se refere ao ensino-aprendizagem dos conceitos de Mecânica Quântica, geralmente relacionados às rupturas conceituais na teoria e no senso comum pertinente que fundamenta uma natureza estritamente matemática para o objeto de estudo deste trabalho. Que desafio é este?

O próximo passo é seguir dentro da história e filosofia da Teoria Quântica configurando os elementos que a fundamentaram e as consequências de seus postulados, observando o contexto maior em que esta se insere. Tal abordagem não deve estar desprovida de um “olhar” rigoroso, mas ao mesmo tempo carece de uma análise frente ao objetivo desta dissertação: o Ensino de Ciências.

2 - HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

A abordagem histórica mostra-se importante instrumento na construção do conhecimento dentro do Ensino de Ciências.

Segundo Martins (2007, p.114)

A História e Filosofia da Ciência (HFC) apresenta múltiplas dimensões. Por um lado, representa um vasto campo de estudos e pesquisas que vem construindo, ao longo dos anos, suas bases teóricas e suas especificidades. Por outro lado, constitui-se em área do conhecimento com fortes e profundas implicações para a Didática das Ciências.

Nesse ponto de vista, a História e Filosofia da Ciência se apresentam como estratégica didática facilitadora da construção de conceitos, modelos e teorias. Para Matthews (1995), a HFC se apresenta como poderosa ferramenta, especialmente dentro de um quadro deflagrado de crise no Ensino de Ciências:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (p.165)

A abordagem histórica pode ajudar a detectar os obstáculos derivados da elaboração dos conceitos, sendo ela importante na análise de sua construção. No entanto, isso não significa elaborar um paralelismo entre a psicogênese e a História da Ciência, pois o aluno vive em um contexto social diferente do qual os conceitos foram elaborados. A História da Ciência pode ajudar na leitura de como os conceitos foram elaborados, construídos, e nessa perspectiva está a importância de sua utilização no reconhecimento dos obstáculos apresentados pelo indivíduo na aprendizagem.

A História da Ciência pode ser utilizada para a construção do currículo ou ainda entender os conceitos estruturantes de uma teoria, e aponta-se que, para diversas teorias, a construção dos conceitos no indivíduo é análoga ao desenvolvimento ocorrido na história, o que não permite uma generalização conforme já dito anteriormente.

Assim, Castro e Carvalho (1992), estruturando um trabalho na teoria piagetiana da assimilação/acomodação, no qual, se todo indivíduo tem um sistema cognitivo que funciona por um processo de adaptação que é perturbado por conflitos cognitivos ou por lacunas, a reequilibração implica em aprendizagem. Isto justifica a busca na História da Ciência de episódios ou paralelos no desenvolvimento dos conceitos para a abordagem em sala de aula.

Nardi (1994) reconhece a importância da História da Ciência como instrumento de análise e como guia no desenvolvimento dos conteúdos, mas segundo o autor, as noções de certo e errado não cabem numa proposta de ensino construtivista.

Oki e Moradilho (2008) ressaltam a importância sociológica desta perspectiva:

A História da Ciência é considerada conhecimento indispensável para a humanização da ciência e para o enriquecimento cultural, passando a assumir o elo capaz de conectar ciência e sociedade. (p.69)

No entanto, os autores ressaltam que a utilização dessa abordagem geralmente se dá em cursos específicos e que poucas vezes contemplam uma dialética entre História da Ciência e Epistemologia da Ciência. Para Oki e Moradilho (2008) duas abordagens são possíveis: implícita e explícita. Qualquer que seja a forma adotada, admite-se segundo os autores que a articulação História e Filosofia deva ser realizada, ainda que um consenso sobre a epistemologia da Ciência ainda não tenha sido alcançado, explorando-se a pertinência de certas formas de pensamento em determinados episódios históricos.

Martins (2007) aponta também a importância da HFC como elemento na formação de professores:

Assim, a HFC surge como uma *necessidade formativa do professor*, na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula (p.115).

No entanto Martins (2007) lista um problema semelhante ao apresentado por Oki e Moradilho (2008), os cursos nem sempre abordam a dialética entre os episódios e a filosofia além de não garantirem que a HFC se torne efetiva em sala de aula. O que leva ao grande paradigma da abordagem HFC: como utilizar?

Segundo Silva e Martins (2003):

Há muitas formas de se usar a História da Ciência como um elemento no ensino de Ciências. A escolha depende do objetivo pedagógico e do tipo de estudantes, que

pode incluir estudantes de nível médio, estudantes de graduação, professores, etc. O objetivo pode ser aprender teorias científicas e conceitos, discutir sobre a natureza da Ciência e seu método, a relação entre Ciência e o contexto social, entre outras coisas.(p.54)

Para Matthews (1995):

Os que defendem HFS tanto no ensino de ciências como no treinamento de professores, de uma certa forma, advogam em favor de uma abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; o que não deixa de ser um redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências. (p.166)

Nesse aspecto a história parece ser um guia para o reconhecimento dos conflitos e também para o curso dos debates em sala de aula, além de propiciar um ensino contextualizado e interdisciplinar dado o diálogo entre os conteúdos existentes na História da Ciência onde não estão fragmentados.

Com relação a essa perspectiva contextualista Matthews (1995) admite:

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia científicista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (p.172)

Fica claro que não se pretende que os alunos refaçam os passos de grandes cientistas, mesmo assim, pode-se reconhecer que questionem o processo de construção do conhecimento científico, e, dessa forma, a História da Ciência se torna o fio condutor para a abordagem de conflitos e para a elaboração de conceitos.

Neste ponto de vista Matthews (1995) alerta com relação ao que se denomina quasi-história e pseudo-história, visões parciais ou ainda distorcidas dos processos históricos, que acarretam imagens erradas da construção da Ciência ou ainda posições filosóficas distintas com relação ao período histórico-filosófico atual ou do momento histórico que se analisa. O autor coloca a importância da seriedade e rigor metodológico na utilização da HFC atentando para a dialética essencial entre a história e epistemologia:

A quasi-história é um assunto complexo. Sabe-se que objetividade em história é, num certo nível, impossível: a história não se apresenta simplesmente aos olhos do

espectador; ela tem que ser fabricada. Fontes e materiais têm que ser selecionados; perguntas devem ser construídas; decisões sobre a relevância das contribuições de fatores internos e externos para a mudança científica devem ser tomadas. Todas essas questões, por sua vez, sofrem influência das visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas do historiador. Num grau ainda maior, sofrem influência da teoria da ciência, ou da filosofia da ciência, em que o historiador acredita. Do mesmo modo como a teoria abraçada pelo cientista determina seu modo de ver, selecionar e trabalhar o objeto de estudo, também a teoria abraçada pelo historiador afetará seu modo de ver, selecionar e trabalhar o material de que dispõe. Como se diz por aí, se a filosofia da ciência é vazia sem a história, então a história da ciência, sem a filosofia, é cega.

A abordagem histórica admite pressupostos advindos da Historiografia, a organização sistemática do estudo dos fatos históricos. Assim, se existe uma História H (objetiva), a esta não temos acesso, pois, o acesso se restringe apenas à partes de H que foram transmitidas através de várias fontes. Se considerarmos a história como investigação histórica e seus resultados, têm-se acesso a uma interpretação teórica deste.

De qualquer forma, é de extrema importância que a pesquisa histórica seja fidedigna e que se baseie em fontes primárias (textos originais) ou ainda fontes secundárias de confiabilidade. Outro ponto importante é evitar “whigismos”, ou seja, “analisar através dos olhos do vencedor”, fugir da interpretação dos fatos à época em que ocorreram, postulando-se uma análise baseada no olhar posterior ao momento histórico de interesse, o que traria uma epistemologia falsa no contexto da Ciência ao se tratar de um dado conceito ou teoria.

Segundo Hooykaas (apud KRAGH, 2001, p.38):

A história da ciência fornece material para um auto-exame crítico da ciência: aumenta o nosso apreço pelo que hoje possuímos, ao dar-nos a conhecer as dificuldades porque se passou para o conseguir. Estabelece a ligação entre a ciência e as humanidades, demonstrando até que ponto as ciências naturais fazem parte do humanismo da nossa era. Haverá sempre cientistas que não se contentam com o simples conhecimento do conteúdo das teorias, mas querem também conhecer a sua gênese, encontrando nesta, prazer intelectual e estético.

Tomando tais princípios como norteadores dentro do contexto abordado acima, inicia-se um processo de abordagem histórica carregada de elementos de epistemologia no qual se busca compreender os desafios impostos pela Mecânica Quântica dentro de seu corpo teórico, dentro de seu significado maior como Teoria Científica. A análise em questão é traçada a partir do olhar de diversas epistemologias encerrando-se na visão de Bachelard cuja teoria admite pensar a filosofia na mecânica quântica, mostrando-se assim um referencial que admite uma visão dialética com relação à natureza do conhecimento, elemento cerne das discussões que se seguirão.

2.1 - A Dialética do Conhecimento Científico: Causalidade, Empirismo e Racionalismo

A Ciência Moderna fundamenta-se durante o Renascimento e a Revolução Científica do século XVII e busca uma nova estruturação para seus questionamentos, uma estruturação para esta atividade, elementos que a fundamentem e que a caracterizem. O “Método Científico” fundamenta-se nas proposições do empirismo e parece encontrar a estrutura necessária para sua lógica¹. Segundo Chalmers (1993) numa concepção de senso comum bem aceita:

Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar, etc.

A idéia de conhecimento científico como expressando a própria realidade (verdade) é extremamente difundida e suas origens demonstram certa controvérsia.

Nas sociedades clássicas o conceito de verdade encontra suas primeiras discordâncias. Os gregos possuíam a *alethea*, a verdade suprema ligada à natureza intrínseca do objeto de estudo, ou seja, “o que é, é”, em outras palavras, a natureza se apresenta ao conhecimento como sendo desvendada por este num processo tal que o conhecimento acaba por encontrar leis, relações que descrevem o que se vê como numa linguagem que traduz o mundo (essência). Já os latinos possuíam a *veritas*, que também significa verdade. Para estes, a verdade é fruto do que conhecemos do mundo, isto é, o conhecimento não é a descrição da realidade sendo limitado pelas capacidades humanas – “o mundo é o que conhecemos dele”. Em filosofia, dois termos estão relacionados com os conceitos discutidos, a *alethea* encontra-se na ontologia, enquanto a *veritas* tem seu respectivo na epistemologia.

Em Ciência esses dois termos encontram também seus respectivos em duas correntes distintas e conflitantes: o realismo e o anti-realismo, cuja vertente de importância aqui é o instrumentalismo.

Sendo assim, há teorias científicas, construções humanas, e há também o mundo no qual se quer aplicá-las.

Para Chalmers (1993) no Realismo as teorias têm como objetivo descrever como o mundo realmente é enquanto no Instrumentalismo o componente teórico das Ciências não

¹Embora a estruturação metodológica da ciência fundamentada nos dados observáveis (experiência) seja uma construção pós-positivismo (século XIX e XX).

descreve a realidade; as teorias são compreendidas como instrumentos projetados para relacionar estados de coisas observáveis com outros.

Para o realismo o mundo existente independentemente dos conhecedores, e é da forma que é independentemente do conhecimento teórico. Para o instrumentalismo as descrições do mundo observável serão verdadeiras se descritas corretamente. As elaborações teóricas são projetadas para nos dar controle instrumental do mundo observável e devem ser julgadas em termos de sua utilidade como instrumentos.

Essa dialética do conhecimento científico ainda admite uma dialética interna, e que demonstra as limitações de cada uma das vias de pensamento. Martins (1999) apresenta uma análise com relação a ela. Do ponto de vista do autor, ao se pensar em Ciência, pode-se questionar:

- O que a Ciência foi (questão empírica)
- O que a Ciência deveria ser (questão axiológica)
- O que poderia ser e não ser a Ciência (questão analítica)

Definir Ciência parece ser fundamental para os propósitos desse trabalho, e se este é um conceito que pode ser entendido, então a questão pertinente à verdade é retomada aqui:

O que é filosoficamente possível (ou impossível) na ciência, sob o ponto de vista da capacidade do conhecimento humano? (MARTINS, 1999, p.8)

Martins (1999) atenta para o fato de que ao se construir teorias científicas, deve-se atentar para empecilhos filosóficos que limitam o poder da busca pela verdade. Os elementos citados pelo autor referem-se aos “princípios de impotência”.

Ao se tentar provar as proposições de uma teoria, três são os possíveis finais da dedução:

- regressão finita;
- círculo vicioso;
- proposições indemonstráveis.

Se basearmos as proposições em outras provadas fora da teoria, estas vêm ser provadas por outras suposições e assim suscetivamente, o que nos leva a um caminho infinito,

ou a uma redução infinita. Pode-se, no entanto, fundamentar a teoria em proposições provadas dentro da própria teoria, o que leva a um sistema coerente, mas sem garantias, já que uma proposição só será verdadeira se outra for verdadeira, dentro da própria teoria, ou seja, um sistema que se auto-sustenta, mas que não possui credibilidade: um formalismo sem fundamento. Pode-se então ter premissas indemonstráveis, no entanto torna-se inviável construir uma teoria.

O trilema de Aristóteles mostra então “[...] que é impossível se construir uma Ciência fundamentada, que seja puramente dedutiva”. (MARTINS, 1999, p.12)

Mas o que entendemos por Ciência varia entre concepções puramente dedutivas e indutivas.

Por indução entende-se a generalização, a obtenção de uma verdade geral, conseguida a partir do estudo de um número considerável de casos particulares. Ao contrário da dedução, a indução parte de dados da experiência sensível, de dados empíricos. No entanto, a indução não resolve o problema em questão, pois o conhecimento obtido através do empirismo não nos traz certeza, pois não admite nenhum princípio filosófico que o garanta. Há ainda o aspecto relativo ao quadro teórico construído a partir dos dados empíricos, já que, inúmeros são os casos em que a relação entre o dado observável e a explicação teórica do fenômeno, ou sua mobilização, não tem correspondência direta. Qual a relação entre o observável e o inobservável? Chibeni (1990) admite que o argumento de Hume para o conhecimento de questões inobserváveis não é coerente pois:

[...] se a relação de causa e efeito não passa da conjunção constante observada entre fenômenos, nunca poderemos dizer que certas entidades e eventos imperceptíveis são as causas ou efeitos de certos fenômenos, pois por hipótese nunca podemos observar a conjunção constante entre uns e outros. (p.21)

Segundo Martins (1999) a Ciência fica definida então por algo que ela “não é”:

Com base nos princípios de impotência, é possível dizer-se que a ciência não pode ser (por se tratar de algo inacessível ao conhecimento humano). Por exemplo: A ciência não pode ser uma teoria verdadeira provada através de observações e experimentos. (p.13)

O autor chama a atenção, no entanto, para o dilema encontrado nas tentativas de se demarcar o que é Ciência e o que não é, de tal forma que um critério restritivo leva às contradições tais como a abdicação de elementos úteis ou mesmo manifestações contra algo que se julga então não científico, além do que a validação de um critério restritivo nos leva ao

trilema de Aristóteles; e a falta de um posicionamento, no entanto, levaria a um relativismo, anarquismo epistemológico.

A solução proposta por Martins (1999) é uma validação através de critérios de comparação de valor científico. Os parâmetros de validação estariam de acordo com o poder de predição da teoria e sua relação com aspectos extra científicos, ou seja, harmonia com outras áreas. Para exemplificar o autor coloca em comparação a Astronomia com a Astrologia. Admitindo que se a Astrologia partisse de pressupostos experimentais, abarcando uma quantidade de dados tal como a Astronomia, articulando-os de forma a permitir a predição de outros dados, e a busca de novos conhecimentos, sustentando-se sobre um corpo teórico admitido também por áreas como a Física, a Química e a Biologia, teria então a Astrologia status semelhante, e as informações produzidas por ela teriam então validade equiparável.

O conhecimento científico se apresenta historicamente então como uma dialética entre o processo indutivo e o processo dedutivo, entre a admissão de uma realidade objetiva e as limitações do conhecimento produzido a partir do que se sabe sobre a natureza, dialética corrompida pelo trilema de Aristóteles.

Mesmo que conflitante, esta busca é o elemento existencial do que se chama Ciência, corpo de conhecimento com validade perante o senso comum e à sua comunidade interna. Para que tal busca se torne consistente, ela deve ser sistematizada por uma estrutura fundamental de produção: o método científico.

Podemos definir, dentro de um âmbito de senso comum, o método como o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimento válido e verdadeiro - traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando nas decisões do cientista.

Ainda que rudimentares, frente às teorias atuais relativas ao método, estas surgiram na antiguidade clássica, em consequência dos questionamentos relativos à natureza propiciados pela filosofia. Segundo Laudan (2000, p. 26):

Se é legítimo dizer que a ciência e a filosofia modernas encontram suas raízes na Antiguidade, não é de surpreender que a Grécia também tenha produzido as primeiras teorias coerentes sobre o método científico.

Entretanto, podemos colocar o Renascimento como o marco para o real nascimento do Método. Dentro da estrutura do Renascimento podemos definir uma revolução científica, em que a Ciência toma corpo e consigo o Método também. Elemento importante nesta estrutura torna-se a matemática, que passa de mero instrumento para corpo de significado (contribuindo

para uma visão realista), essencialmente a partir do desenvolvimento do modelo astronômico Copernicano. Segundo Henry (1997, p. 20):

A “matematização da natureza”, que foi considerada um elemento importante da revolução científica, em geral era atribuída a uma formidável mudança no sistema metafísico que endossava todos os conceitos do mundo, introduzindo maneiras “platônicas” ou “pitagóricas” de ver o mundo em substituição à metafísica aristotélica da filosofia natural medieval.

A perspectiva matemática tomou então uma natureza realista, sendo que a análise matemática revelaria como as coisas deveriam ser, pois se a teoria fosse verdadeira os cálculos funcionariam. (HENRY, 1997)

Duas figuras se destacam dentro da Revolução Científica propiciada pelo Renascimento, destaque tal que se concebe dada a contribuição para o corpo teórico atribuído ao método, Bacon e Descartes. Bacon defendia o indutivismo, enquanto Descartes fundamentou o método hipotético-dedutivo.

O Método Indutivo, como já dito, consiste em, a partir um número de casos particulares, derivar leis gerais ou princípios. Já o método desenvolvido por Bacon baseava-se no entendimento das formas, as quais eram de “natureza simples”. Segundo Bacon, a natureza seria deveras simples, consistindo num conjunto básico de formas cuja descoberta tornaria possível o entendimento da multifacetada complexidade da superfície do mundo (Collinson, 2006). O procedimento indutivo baconiano configuraria em uma tabela de casos de presença da natureza que deveria enfrentar a experimentação e a refutação crítica, sendo que só então poder-se-ia iniciar a interpretação.

Já o Método Hipotético Dedutivo consiste na elaboração de hipóteses, sua refutação a partir da experimentação e conseqüente conclusão. Segundo Henry (1997, p.32):

O método de Descartes o conduziu a uma nova metafísica, que forneceu a base para um novo sistema da física, a qual, por sua vez tornou-se a mais influente das novas filosofias “mecânicas”. Seu sistema final, embora fizesse menos uso da matemática, sendo muito mais especulativo e qualitativo, foi sem dúvida desenvolvido a partir do empenho inicial em conhecer o mundo físico em termos matemáticos.

A presença de um conhecimento empírico favoreceu a divisão de três conceitos fundamentais, Deus, Mundo e Eu, ou a separação entre “coisa pensante” e “coisa extensa”. A partição cartesiana conduziu à constituição de um realismo metafísico com relação à “coisa extensa”: o mundo, as coisas com extensão, “existe”. No entanto o realismo metafísico difere do realismo prático, sendo que este assume que haja afirmações que possam ser objetivadas, tal que, nossas experiências cotidianas consistem em tais asserções. Já o realismo dogmático

não admite um mundo material com assertivas que não possam ser objetivadas, e desta forma se tornou uma condição necessária para o desenvolvimento da Ciência (HEISENBERG, 1981). Segundo Heisenberg (1981, p.65):

Foi somente com a teoria quântica que pudemos aprender que uma ciência exata é possível sem que se aceite o realismo dogmático. Quando Einstein criticou a teoria quântica, ele o fez com base no realismo dogmático. Essa é uma atitude natural. Todo cientista que faça trabalho de pesquisa sente estar procurando por algo que é objetivamente verdadeiro.

A estruturação do método e suas conseqüências no desenvolvimento científico dão corpo à uma visão determinista do mundo, que teve fortalecimento quando da fundamentação da Mecânica Newtoniana, já que esta permitia prever estados futuros, ou ainda projetar estados passados de um sistema se conhecidos fossem, as leis que regem as propriedades deste estado e os valores da posição e energia num dado instante. Podemos associar esta visão à Laplace, que descreveu este problema em sua obra sobre probabilidades. Em sua definição, supondo uma inteligência suficientemente grande - demônio de Laplace (SILVEIRA, 1993), que conhecesse todas as forças da natureza e o estado em um dado instante de todo os objetos, nada seria incerto a esta, de tal forma que fica implícito que até mesmo o comportamento humano seria então regido por leis físicas. Esta visão caracterizou a Ciência até a segunda metade do século XIX.

A mecânica de Newton, como as demais estruturas da Física Clássica, construídas segundo o modelo daquela mecânica, tiveram como ponto de partida a hipótese de que se pode descrever o mundo sem fazer qualquer menção à Deus ou a nós mesmos. Essa possibilidade logo pareceu ser uma condição necessária para a Ciência natural em geral (SILVEIRA, 1993).

As questões relativas ao método retornaram somente no século XIX. A concepção relatada por Chalmers, anteriormente citada, remete à uma interpretação de Ciência recorrente após o século XIX advinda do Positivismo, doutrina filosófica que tem em Augusto Comte seu maior representante.

O Positivismo baseia-se na observação opondo-se ao racionalismo, ao idealismo, à metafísica, colocando a Ciência como única forma de conhecimento verdadeiro

Segundo Comte (1988, p. 5) “todos os bons espíritos repetem, desde Bacon, que somente são reais os conhecimentos que repousam sobre fatos observados”.

A Ciência deveria ocupar-se exclusivamente com a “*descoberta de leis descritivas dos fenômenos, devendo, ao mesmo tempo, renunciar prudentemente a qualquer tentativa de descrever causas eficientes ou “modos de produção”* (LAUDAN, 2000, p. 52).

Para Comte:

Vemos pelo que precede que o caráter fundamental da filosofia positiva é tomar todos os fenômenos como sujeitos a *leis* naturais invariáveis, cuja descoberta precisa e cuja redução ao menor número possível constituem o objetivo de todos os nossos esforços, considerando como absolutamente inacessível e vazia de sentido para nós a investigação das chamadas *causas*, sejam primeiras, sejam finais (1988, p. 7, grifo do autor).

Para encontrar este conhecimento, o homem passa por três estágios: teológico, metafísico e finalmente positivo. No estado teológico o indivíduo foca-se em perguntas transcendentais, reconhecendo a existência de agentes sobrenaturais, cuja intervenção arbitrária explica as anomalias aparentes do universo.

No estado metafísico, as questões transcendentais persistem, mas os agentes sobrenaturais são substituídos por forças abstratas.

É somente no estado positivo que a Ciência vence,

[...] já que o espírito humano, reconhecendo a impossibilidade de obter noções absolutas, renuncia a procurar a origem e o destino do Universo, a conhecer as causas íntimas dos fenômenos para preocupar-se unicamente em descobrir, graças ao uso bem combinado do raciocínio e da observação, suas leis efetivas, a saber, suas relações invariáveis de sucessão e de similitude (COMTE, 1988, p. 4).

Uma questão inerente, e de extrema importância à qual devemos dar ênfase é que esta Ciência defendida pelo positivismo procura o conhecimento efetivo ou observável, especializando-se cada vez mais. Deste ponto de vista para Comte e o positivismo, uma Ciência Natural, uma Filosofia Natural não fazem sentido, propondo então uma divisão por áreas de conhecimento, fundamentando a Química, a Física e a Biologia: “numa palavra, a divisão do trabalho intelectual, aperfeiçoada progressivamente, é um dos atributos característicos mais importantes da filosofia positiva” (1988, p.11).

As divisões que estabelecemos entre nossas ciências, sem serem arbitrárias, como alguns o crêem, são, com efeito, essencialmente artificiais. Na realidade, o assunto de nossas investigações, é uno; nós o dividimos com o fim de separar as dificuldades para melhor resolvê-las. (COMTE, 1988, p.16)

Os estudos relativos à estrutura da matéria, levantaram aspectos contrários desta descrição física da realidade, tal como a dualidade partícula-onda e ainda assim, verifica-se o

desenvolvimento de elaborados aparatos matemáticos antecédidos por postulados que vão ao encontro a uma interpretação sólida da realidade.

Com o estabelecimento da teoria da transformação estatística, o formalismo não relativístico da Mecânica Quântica estava completo em todos os seus pontos essenciais. Mas um formalismo, ainda que completo e logicamente consistente, não é uma Teoria Física. Para atingir este *status*, ou uma correlação epistêmica, alguns dos símbolos devem conter uma interpretação operacional (JAMMER, 1966).

No entanto, termos como localização, velocidade, órbita eram importantes na representação do formalismo, ainda que não pudessem ter seus significados clássicos. Ou seja, a Mecânica Quântica começava a operar com uma linguagem própria. Segundo Heisenberg (1981, p. 11):

Não é surpreendente que a nossa língua deva ser incapaz de descrever os processos que ocorrem dentro dos átomos, pois, como já se observou, foi inventada para descrever as experiências da vida diária, e estas são apenas constituídas por processos que envolvem excessivamente grandes números de átomos.

Ainda que sustentada pelo desenvolvimento matemático, a apresentação dos resultados e das interpretações ao mundo não científico recai sobre a utilização da linguagem cotidiana, a qual é concomitantemente construída com a Ciência e transformada por esta, quando dentro de seus domínios.

Quaisquer palavras ou conceitos que foram criados no passado, frutos da interação do homem com o mundo, não são, de fato, precisamente definidos no que se refere a seu sentido; isso quer dizer que não sabemos exatamente quão longe palavras e conceitos nos ajudarão a achar nosso caminho no entendimento do mundo. (HEISENBERG, 1987, p.72)

A Mecânica Quântica revela então as limitações de uma observação crítica, ou ainda da compreensão intuitiva de uma Descrição Física completa da realidade.

Aqui não se tem, de começo, nenhum critério simples para se correlacionar os símbolos matemáticos aos conceitos da linguagem quotidiana; e a única coisa que sabemos, como ponto de partida, é que os conceitos comuns não são aplicáveis ao estudo das estruturas atômicas (HEISENBERG, 1987, p. 134).

Cabe ressaltar que, dentro destas limitações, o Princípio de Incerteza corroboraria as limitações de uma descrição exata da realidade através da matemática, ao impor limitações na determinação de valores às variáveis físicas. Para Jammer (1966, p.325):

O formalismo da mecânica quântica, ele fundamentado, que opera em espaços abstratos multidimensionais e emprega quantidades não-comutativas, não admite descrições usuais de espaço-tempo ou conexões causais de fenômenos físicos.

O que se observa é que ele também deteria o cerne do colapso do realismo dogmático, ou ainda da visão determinista laplaciana, da mecânica newtoniana e dos postulados positivistas, no que se refere à sua interpretação metafísica, ao corpo da teoria, de sua interpretação intuitiva ao limitar muito mais que o conhecimento de valores discretos de variáveis, mas colocar em xeque o conhecimento sobre a natureza e a natureza do conhecimento, eixo orientador dos debates travados entre a Escola de Copenhague e os seguidores de Einstein.

Bachelard, filósofo contemporâneo ao desenvolvimento da teoria Mecânica Quântica, no entanto não vê (ainda que uma visão carregada de vislumbre e positividade) um problema nas limitações impostas pelo Princípio de Incerteza, quanto menos ao conhecimento científico.

É importante ressaltar que Bachelard ainda que contemporâneo aos debates da comunidade científica do começo do século XX não observa o aspecto sociológico da construção do conhecimento tal como Kuhn, por exemplo, cuja perspectiva revela a importância da comunidade científica na validação de teorias (fatores extra-científicos).

Em seu trabalho “A Estrutura das Revoluções Científicas”, Thomas Kuhn estabelece um novo modelo de análise do processo histórico de construção da Ciência, no qual se encontra uma crítica ao positivismo lógico e à historiografia convencional.

Neste modelo, a observação é antecedida por teorias, apontando para a inseparabilidade entre observações e pressupostos teóricos, reconhecendo ainda o caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento.

Segundo Orsteman (1996, p. 185):

a ciência segue o seguinte modelo de desenvolvimento: uma sequência de períodos de ciência normal, nos quais a comunidade de pesquisadores adere a um paradigma, interrompidos por revoluções científicas (ciência extraordinária). Os episódios extraordinários são marcados por anomalias / crises no paradigma dominante, culminando com sua ruptura.

Segundo Souza Filho (2009) e Paulo (2006) encontra-se em Bachelard uma visão também descontinuista. No entanto Souza Filho (2009) a define como leitura histórica, dialética e racionalista.

A visão de uma epistemologia dialética se coloca a partir do momento em que para Bachelard o que teria sido o problema histórico fundamental da construção da Ciência, o embate entre realismo e racionalismo, seria na verdade uma dialética que encontra no *Novo Espírito Científico* seu apogeu, a partir do momento em que este considera o conhecimento advindo de novas formas de pensamento introduzidos pelo triplo movimento conceitual das teorias Não-Euclidiana da Matemática, da Relatividade na Física e da Mecânica Quântica na Física e na Química.

Nas palavras de Lobo (2008):

Ao defender uma síntese da teoria com a experiência, nas ciências físicas, Bachelard propõe uma filosofia em que o *racionalismo aplicado* e o *materialismo técnico* se manifestem, num movimento dialético que represente o verdadeiro pensamento científico.

Neste sentido Bachelard (1991) define a *Filosofia do Não* como uma complementaridade:

Em física, as noções unidas não são contraditórias, como em Hegel; a tese e a antítese são antes complementares. (p.128)

Para ele, a Ciência admite pressupostos metafísicos, ou seja, não há a necessidade de se pensar a metafísica separada do conhecimento, divisão proposta pelo Positivismo, cuja perspectiva filosófica não admitia o pensamento metafísico. O que seria a grande crítica imposta ao positivismo (a falta da perspectiva metafísica na Ciência, perspectiva fortemente reelaborada pela Ciência do século XX, aspecto que discutiremos a seguir ao abordarmos o desenvolvimento do Princípio de Incerteza), passa a ser um aspecto único na filosofia de Bachelard ao enxergar na Física Matemática da Mecânica Quântica (por exemplo) um pensamento completo, em que a metafísica é própria e intrínseca.

Quando se compreendeu quanto o pensamento matemático moderno ultrapassa a ciência primitiva das medidas espaciais, quanto cresceu a ciência das relações, damo-nos conta de que a Física matemática oferece eixos cada dia mais numerosos à objetivação científica. (BACHERLARD, 2000, p.142)

Bachelard admite uma dialética que se coloca em relação à construção do conhecimento científico, ou seja, um vetor epistemológico (SOUZA FILHO, 2009) que vai do racionalismo ao empirismo.

Nas palavras de Bachelard (2000, p.12-13)

Qualquer que seja o ponto de partida da atividade científica, esta atividade não pode convencer plenamente senão deixando o domínio base: *se ela experimenta*, é preciso *raciocinar*; *se ela raciocina* é preciso *experimental*. Toda aplicação é transcendência. Na mais simples das diligências científicas, mostraremos que se pode colher uma dualidade, uma espécie de polarização epistemológica que tende a classificar a fenomenologia sob a dupla rubrica do pitoresco e compreensível, noutras palavras, sob a dupla etiqueta do realismo e racionalismo. Se soubéssemos, a propósito da psicologia do espírito científico, colocar-nos precisamente na fronteira do conhecimento científico, veríamos que é de uma verdadeira síntese das contradições metafísicas que se ocupa a ciência contemporânea. Todavia o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem claro. Ele vai seguramente do racional ao real e de nenhum modo, ao contrário da realidade ao geral como o professavam todos os filósofos, desde Aristóteles até Bacon.

Esta composição parece a Bachelard o cerne da microfísica e caracteriza o eixo orientador do Novo Espírito Científico.

A indeterminação característica da microfísica é uma indeterminação ao mesmo tempo lógico-aritmética e espaço-temporal. Neste campo da Ciência a noção de objeto perde sua significação, pois no domínio dos fenômenos o objeto é ponto de partida das operações lógico-aritméticas e ponto de chegada das operações espaço-temporais.

Segundo Piaget (s/d):

Apenas é preciso notar que, em caso de dupla indeterminação lógico-aritmética e espaço-temporal, o acaso não pode mais ser concebido como devido à interferência de séries lógicas ou causais independentes, cada uma delas bem determinada por si mesma, mas que depende então de uma indeterminação mais essencial – devida aos limites da ação física e da operação lógico-matemática, que convergem com os do objeto como tal.(p. 319)

No entanto Piaget, leitor de Bachelard, alerta para uma concepção epistêmica de Ciência e suas conseqüências:

Do ponto de vista de uma psicologia operatória do pensamento não deixa de acontecer que o limiar de indeterminação prova unicamente a insuficiência de nossas operações usuais e de nossos esquemas representativos macroscópicos para garantir a inteligibilidade dos fenômenos quando ultrapassamos os limites de certa escala de ação: é pois sobre os confins de nossa atividade efetiva e sobre os efeitos intelectuais dessa limitação de ação que o acaso e a indeterminação microfísicas nos informam; e convém esperar a construção de novos procedimentos de pensamento adaptados à nova escala, de preferência a antecipar a inadequação perpétua de nossos instrumentos de inteligência. (PIAGET, s/d, p. 320)

Em muitos trechos de sua obra Bachelard cita Heisenberg, apontando para as “relações de Incerteza” que para o filósofo trariam um exemplo consistente da dialética ontologia/epistemologia admitida por ele como princípio estruturante, como pressupostos

metafísicos do conhecimento científico. Uma análise dos trabalhos de Heisenberg parece apontar para um caminho dialético tal como admitido pelo filósofo francês.

Em que contexto insurgem as idéias de Heisenberg? Que pressupostos são admitidos por ele?

Uma análise do histórico da Teoria Quântica se torna agora um primeiro guia dentro da questão acima

2.1 - Microfísica e Incertezas

A estrutura intrínseca da matéria sempre foi alvo do questionamento humano. Da Grécia antiga ao atual momento histórico, diversas foram as idéias relativas aos constituintes da matéria.

No final do século XIX o conhecimento científico permitira a Dalton e Thomson elaborar suas teorias acerca da estrutura da matéria em diferentes níveis de complexidade.

O estado de espírito dominante na Ciência do final do século XIX está bem sintetizado na clássica palestra de Lord Kelvin, renomado físico inglês, que em 1900 na Royal Philosophical Society afirmou que só via duas “pequenas nuvens no céu azul” da física: o resultado nulo da experiência de Michelson e os valores “anormais” dos calores específicos a baixas temperaturas. As duas pequenas nuvens estão associadas conceitualmente aos dois temporais que desabaram na física no do século XX; a tempestade breve e brutal da relatividade de Einstein em 1905 e o prolongado temporal da “Velha Teoria Quântica” iniciado em 1900 por Max Planck.

Segundo Heisenberg (1987, p.29):

A origem da teoria quântica está ligada a um fenômeno bem conhecido que não pertence às partes centrais da Física atômica. Qualquer pedaço de matéria, quando aquecido, torna-se incandescente, primeiramente avermelhado e depois esbranquiçado a temperaturas mais elevadas.

Pode-se definir um corpo negro de duas maneiras: um sólido cujo aspecto apresenta total ausência de cor e que absorve toda radiação incidente sobre ele, ou mesmo um orifício extremamente pequeno contido em um corpo oco, em que a dispersão de radiação de seu interior seja mínima. O espectro de emissão de um corpo negro é o mesmo independentemente de sua natureza. Foi a forma específica deste espectro que chamou a atenção dos cientistas no final do século XIX e início do século XX.

A resposta para tal problema foi dada por Planck, quebrando todo o aparato conceitual sob o qual se alicerçava a Física até então. Heisenberg (1987) infere que Planck iniciou seus estudos procurando centrar-se no átomo radiante e não na radiação por si mesma. Para Planck a energia emitida não era contínua, mas sim discreta, sendo emitida na forma de pacotes chamados por ele de *quantum*. Segundo Planck a energia seria emitida em pacotes de valores múltiplos inteiros de uma constante h , a constante de Planck. A teoria de Planck foi reduzida, pelo próprio autor, somente para os elétrons existentes na parede da cavidade do corpo negro.

A segunda nuvem teria seu problema solucionado por Einstein em 1905, que colocaria a teoria ondulatória clássica em questão para solucionar este problema.

A inovação conceitual proposta por Einstein apresentava uma nova abordagem para conceitos já estruturados para os físicos da época. (FREIRE e CARVALHO NETO, 1997).

Sua proposta era de que a luz, energia radiante, estaria quantizada na forma de fótons. Resgatavam-se as idéias já apresentadas em 1700, (uma vez que Newton, em seus estudos de óptica, acreditava que luz e matéria poderiam interagir, ou mesmo, que seriam interconvertíveis), mas que faziam parte de acervo do museu de idéias da Física, nos tempos de Einstein. As experiências de Lenard mostravam que a energia dos elétrons emitidos não dependia da intensidade da luz, mas, tão somente de sua cor, de sua frequência (HEISENBERG 1987). Para Einstein energia E e frequência ν estariam relacionadas através da constante de Planck:

$$E = h\nu \quad (1)$$

na qual $h = 6,6 \times 10^{-34}$ J.s. O valor extremamente baixo da constante de Planck justifica porque não observamos fenômenos quânticos no mundo macroscópico.

Apoiando-se nessa idéia, Einstein desenvolveu cálculos em extrema concordância com dados experimentais para o fenômeno chamado “efeito fotoelétrico”. Outro problema solucionado por Einstein usando o mesmo quadro teórico foi o do calor específico. Os valores experimentais discordavam à baixas temperaturas em relação à altas temperaturas. Ao aplicar a hipótese quântica às vibrações elásticas dos átomos em corpos sólidos Einstein viria a solucionar tal problema

Hertz em 1886 havia constatado que uma descarga elétrica entre dois eletrodos seria mais facilmente observada se os mesmos fossem irradiados com radiação ultravioleta. De acordo com Einstein, um fóton era totalmente absorvido pelo elétron no fenômeno descrito por Hertz. As previsões de Einstein foram comprovadas por Robert Millikan em 1916.

Segundo Bohr, as relações propostas por Einstein colocaram um dilema, já que as imagens corpusculares da radiação seriam inconciliáveis com os fenômenos de interferência, aspecto essencial dos fenômenos ondulatórios. Assim, implicava-se a utilização de imagens contrastantes:

Enquanto Planck limitou-se cautelosamente a argumentos estatísticos e enfatizou as dificuldades de abandonar os fundamentos clássicos na descrição detalhada da natureza, Einstein apontou ousadamente para a necessidade de levar em conta o *quantum* de ação nos fenômenos atômicos individuais. (BOHR, 1995, p.108)

Até 1911, acreditava-se que os átomos tivessem uma estrutura semelhante a um “pudim com passas”, conforme a teoria de Thomsom. J.J. Thomsom propôs uma descrição atômica que resolveria o problema da distribuição de cargas. Para ele, elétrons carregados negativamente estariam localizados no interior de uma distribuição contínua de carga positiva, que corresponderia ao Núcleo.

Esta distribuição contínua seria esférica com raio de ordem atômica 10^{-10}m , estando os elétrons distribuídos uniformemente em detrimento da repulsão. No estado fundamental os elétrons estariam fixos em suas posições de equilíbrio, vibrando ao redor destas posições quando em um estado excitado. Ainda que o modelo de Thomsom explicasse a emissão de radiação por átomos excitados, faltavam concordâncias quantitativas com as observações experimentais.

O modelo proposto por Thomsom foi definitivamente refutado em 1911 após as observações de Rutherford, ex-aluno de Thomsom. Estudando o espalhamento de partículas alfa pelos átomos Rutherford concluiu que a carga positiva se concentrava no núcleo, uma região muito pequena, e que os elétrons estariam ao redor deste núcleo numa região denominada eletrosfera, como num sistema solar, onde planetas orbitam uma estrela.

Contudo, o modelo de Rutherford apresentava problemas. Classicamente cargas sob o efeito de atração coulombiana perdem energia ao mudarem de trajetória, ou quando aceleradas, como por exemplo, a aceleração centrípeta do movimento translacional. Desta forma um elétron orbitando ao redor de um núcleo perderia energia sucessivamente até colapsar com o núcleo. Paradoxalmente o modelo planetário estava assentado fortemente em resultados experimentais, mas em completa discordância com a Física Clássica (FREIRE e CARVALHO NETO, 1997). Além disso, segundo Heisenberg (1987, p.31):

Sistema planetário algum, de acordo com as leis da mecânica de Newton, jamais retornaria à sua configuração inicial após uma colisão com um outro desses

sistemas. Mas um átomo de carbono, por exemplo, ainda continuará a ser um átomo de carbono depois de uma colisão ou em uma interação que o ligue quimicamente a átomos de outros elementos.

O espectro contínuo apresentado pelos átomos caso este fenômeno fosse verdade não estaria de acordo com o espectro discreto apresentado pelos procedimentos experimentais. A solução para este problema foi dada por Niels Bohr em 1913.

Baseando-se na teoria de quantização da energia de Planck, Bohr fundamenta seu modelo através do estudo dos espectros de emissão e o alicerça em postulados que devem ser assumidos *a priori*. O modelo proposto por Bohr em 1913 é um signo da crise na Física, combinando teses incompatíveis com conceitos clássicos alicerçados.

Para tanto Bohr postulou que:

- Os elétrons mover-se-iam somente em órbitas fixas definidas pela quantização do momento angular, de forma que estariam estacionários.
- A mudança de um elétron de órbita se daria através da perda ou ganho de energia, mas sem trajetórias entre estas. Ou seja, os elétrons mover-se-iam através de saltos quânticos.

Desta forma Bohr estendeu a idéia de Planck que Einstein já havia transposto para a luz, ao átomo e sua estrutura.

Segundo Heisenberg (1987, p.32):

A teoria de Bohr abriu uma nova linha de pesquisa. A grande quantidade de dados experimentais, colecionados pela espectroscopia através de muitas décadas, estava agora à disposição para prestar informações sobre as estranhas leis quânticas que governam os movimentos dos elétrons nos átomos. E as muitas experiências da química podiam ser utilizadas para o mesmo propósito em vista. Foi desse tempo em diante que os físicos aprenderam a fazer as perguntas corretas; e fazer a pergunta certa, é, frequentemente, mais do que a metade do caminho que conduz à solução do problema.

A Primeira Guerra Mundial acabou por impedir o desenvolvimento dos modelos atômicos ao impedir a circulação de informações e também por recrutar a maior parte dos jovens cientistas (entre eles Schroedinger que até mesmo fora condecorado por sua atuação em um episódio particular de condução de defesa). Os estudos retornaram fortemente após o final da guerra e diversos foram os resultados obtidos na primeira metade da década de 20.

A natureza corpuscular da radiação foi definitivamente comprovada em 1923 pelas experiências de Compton. As observações de Compton não fazem sentido caso não se admita uma natureza corpuscular para a luz. Compton irradiou raios X sobre um alvo de grafite e observou o espalhamento por parte deste de radiação de dois comprimentos de onda. Sob a visão da teoria ondulatória, as interferências não criariam um segundo comprimento de onda. A resposta dada por Compton considera o feixe de raios X como formado por fótons de energia $E = h\nu$ e que estes fótons colidiriam com os elétrons de forma corpuscular.

A idéia de que a energia na forma de radiação poderia interagir com a matéria através de um comportamento dual onda-partícula, foi então estendido por Louis de Broglie. O físico francês, apoiado nas teorias de Einstein expande a nova compreensão à matéria em 1924. Da mesma forma que um fóton possuiria uma onda associada que governa seu movimento, a matéria também teria, dessa forma os aspectos ondulatório e corpuscular que estariam associados quantitativamente da mesma forma para a radiação. Sendo assim:

$$E = h\nu$$

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (3)$$

onde p é o momento e λ o comprimento de onda.

O valor extremamente baixo de comprimento de onda, associado à matéria, calculado por de Broglie, explicaria então porque os efeitos ondulatórios não haviam sido observados (FREIRE e CARVALHO NETO, 1997). A comprovação experimental da teoria de de Broglie ocorreu apenas três anos depois, quando Davissom, Germer e Thomson (filho de Thomsom) reconheceram padrões de difração em fotografias de espalhamento de elétrons em cristais.

A teoria de Bohr, todavia, apresentava discrepâncias para os valores das frequências calculadas dos elétrons e da radiação emitida. Entretanto, para os estados de energia mais alta, a estrutura colocada por Bohr fazia sentido: as órbitas mais exteriores apresentavam frequências de radiação em concordância com seus harmônicos. Segundo Heisenberg (1987, p.34)

Esse princípio de correspondência já se tinha mostrado muito útil no cálculo aproximado das intensidades das linhas espectrais. Dessa maneira, tinha-se a impressão de que a teoria de Bohr dava uma descrição qualitativa, embora não quantitativa, do que ocorre no interior do átomo: e que alguma nova característica do

comportamento da matéria estava sendo expressa pelas contradições quânticas que, por seu lado, diziam respeito ao dualismo onda-partícula.

Ainda na primeira metade da década de vinte, Wolfgang Pauli, enuncia o Princípio de Exclusão, definindo que dois elétrons não podem possuir todos os números quânticos idênticos.

Fundamentava-se então o que se denomina “Velha Mecânica Quântica”. Do ponto de vista da matemática e da fenomenologia física, o modelo ondulatório e corpuscular eram mutuamente excludentes. A nova teoria criada entre 1925 e 1927 trouxe outras respostas e mostrou-se muito distante dos conceitos da Física Clássica.

Entre os anos de 1925 e 1927, Heisenberg, Born e Jordan formularam uma Teoria Quântica Matricial, enquanto Dirac e Schroedinger também formularam suas versões. As três propostas eram, no entanto, equivalentes conforme demonstrado pelo próprio Schroedinger.

Ao explicar o movimento dos elétrons no átomo Erwin Schroedinger elabora a equação que leva o seu nome. Um estado quântico é descrito pelas funções Ψ que são soluções da equação de Schroedinger. Esta equação pode ser escrita como:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H\Psi \quad (4)$$

na qual $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, H, o operador Hamiltoniano, é um ente matemático associado à energia do sistema.

As soluções da equação podem ser escritas como combinações lineares do tipo:

$$\Psi = \sum c_i \varphi_i \quad (5)$$

Aqui, cada φ_i está associado a um valor possível de uma grandeza física, e pode ser obtido de uma equação de autovalor:

$$A(\varphi_i) = a_i(\varphi_i) \quad (6)$$

na qual, A é um operador associado à grandeza e a_i fornece o valor da grandeza.

Na interpretação de Born, as soluções da equação de Schroedinger fornecem probabilidades de localização dos elétrons, e não mais posições bem definidas. Nesta os módulos quadrados dos coeficientes das equações de autovalores ($|c_i|^2$) representam a probabilidade de obtermos um valor a_i para a grandeza associada ao operador A .

Heisenberg contribuiu definitivamente para esta interpretação em 1927, ao demonstrar as limitações do uso de conceitos clássicos com suas relações denominadas “Princípio de Incerteza de Heisenberg”. O princípio de Incerteza prevê que é impossível determinar as quantidades, posição e momento ao mesmo tempo com precisão arbitrária. De acordo com Heisenberg:

$$\delta q \delta p = \frac{h}{2\pi} \quad (7)$$

na qual δx e δp_x representam respectivamente a incerteza na posição e no momento.

A existência de uma indeterminação peculiar revelava então a necessidade de se reconceituar os limites da descrição experimental dentro deste contexto ambíguo. Bohr, acreditando na descrição total dos sistemas pela Mecânica Quântica, evoca a necessidade de se referenciar os experimentos quânticos e seus resultados através de uma linguagem inambígua com aplicação adequada da terminologia da Física Clássica.

A nova teoria matematicamente bem estruturada exibiu um grande poder de previsão, permitindo ainda grandes avanços tecnológicos. Ao lado dos êxitos científicos a Mecânica Quântica teve implicações filosóficas, entre elas, o abandono do determinismo. Segundo Bohr:

A compreensão quantitativa de um vasto volume de dados empíricos não podia deixar dúvidas quanto à fecundidade e à adequação do formalismo quântico, mas seu caráter abstrato deu origem a um sentimento muito difundido de mal-estar. Na verdade, elucidar a situação iria exigir um exame minucioso do próprio problema observacional da física atômica (1995, p. 49).

Ao mesmo tempo, o formalismo matemático exigia uma interpretação que justificasse seu uso, ou seja, a nova teoria deveria se justificar como teoria científica fundamental. Esta interpretação extrapolaria a Física como constructo de reflexão da natureza de forma também filosófica.

Niels Bohr formula então o Princípio de Complementaridade. Através dele Bohr argumentava que a Física Quântica havia evidenciado os limites da Física Clássica. Num

mesmo fenômeno, uma descrição no espaço e no tempo junto às leis de conservação de quantidade de movimento e de energia seria impossível, justificada essencialmente pelo Princípio de Incerteza de Heisenberg.

Porém, todo este aparato conceitual levantou sérias discussões na comunidade científica. Em 1927 durante a V Conferência de Solvay, Einstein e Bohr protagonizaram grandes debates acerca das interpretações da nova teoria e de suas consequências filosóficas. Para Einstein Deus não jogaria dados (FREIRE e CARVALHO NETO, 1997).

O Princípio de Complementaridade justificava a coexistência de imagens contrastantes ao justificar a necessidade de se evidenciar a relação entre o experimento e o sistema alvo do mesmo nos sistemas quânticos. O dado obtido passa a ser necessariamente consequência e elemento da descrição do experimento já que a interação do aparato em relação ao sistema provocaria diferentes resultados dependendo do esquema a ser utilizado. Justifica-se então o resultado ondulatório para o problema de dupla fenda em contradição com o resultado corpuscular do efeito foto-elétrico.

Segundo Bohr (1995):

Esse ponto crucial, que iria tornar-se um grande tema dos debates relatados a seguir, implica a impossibilidade de qualquer separação nítida entre o comportamento dos objetos atômicos e a interação com os instrumentos de medida que servem para definir as condições em que os fenômenos aparecem. De fato, a individualidade dos efeitos quânticos típicos encontra expressão apropriada no fato de que qualquer tentativa de subdividir os fenômenos exige uma mudança do arranjo experimental, introduzindo novas possibilidades de interação entre os objetos e os instrumentos de medida, as quais, em princípio, não podem ser controladas. Consequentemente, os dados obtidos em diferentes condições experimentais não podem ser compreendidos dentro de um quadro único, mas devem ser considerados complementares, no sentido de que só a totalidade dos fenômenos esgota as informações possíveis sobre os objetos (p.51).

Einstein propôs diversos experimentos que evidenciariam inconsistências na teoria, entre eles, o famoso Experimento EPR, através do qual denota a incompletude da Mecânica Quântica, ou seja, a necessidade de variáveis escondidas. Para Einstein objetos quânticos que provêm de uma origem comum, ou seja, que interagiram anteriormente, deveriam ter independência. Para Einstein, uma medida interferir em outra consistiria em um tipo ação fantasma à distância, que violaria a relatividade, já que esta seria transportada com velocidade superior à da luz. A exemplo disso pode-se citar a medida de spin de dois elétrons que estiveram juntos inicialmente interagindo. Após sua separação segundo Einstein não seria concebível que uma medida enxergasse a outra de tal forma que os spins ocorressem em oposição de acordo com o Princípio de Exclusão de Pauli. A resposta de Bohr foi de que as

condições propostas no experimento eram conflitantes, determinando então a “totalidade” essencial na Mecânica Quântica.

O Físico americano David Bohm elabora então, no início dos anos 50, um modelo para partículas atômicas realizando certas modificações no formalismo, introduzindo as variáveis ocultas, obtendo desta forma uma descrição determinística. Todavia, os modelos elaborados por Bohm não levaram à diferenças nas previsões da Física Quântica, não havendo um contraste empírico. Os modelos de variáveis ocultas não apresentaram resultados teóricos ou experimentais que evidenciassem sua superioridade ante a complementaridade.

Num segundo desafio à complementaridade, John Bell propõe a teoria conhecida como “Desigualdades de Bell”. Em 1964 Bell traduz a essência da argumentação do Experimento EPR (Einstein, Podolski e Rolsen). Segundo Einstein, objetos que se separam no espaço tornam-se fisicamente independentes. Bell traduziu este fenômeno em um critério matemático, a localidade. Mas, na Mecânica Quântica dois objetos que se separam espacialmente não se tornam independentes, pois continuam sendo descritos pela mesma função de onda, definindo então a não-localidade.

Na década de 1970, treze experimentos foram realizados na tentativa de comprovar os princípios propostos por Bell. Porém, reafirmaram as previsões da Teoria Quântica em desacordo com a localidade, proposta por Bell.

Ainda que refutada ideologicamente, em detrimento de sua matemática pouco formal, (quando comparada com a Relatividade geral) e de sua interpretação física filosoficamente distinta do senso comum, a teoria Mecânica Quântica permitiu importantes avanços na Física e na Química, ainda mais em se tratando do estado sólido.

Diversas previsões puderam ser feitas em muitas áreas e novas tecnologias puderam ser desenvolvidas. A busca por uma teoria unificada, Mecânica Quântica e Relatividade, ainda é inerente à Ciência Moderna.

Outro importante ponto resultante da Mecânica Quântica foi sua influência sobre a epistemologia da Ciência, já que em essência, o elemento experimental e o realismo encontraram então um grave desafio frente ao formalismo quântico e às suas necessidades excepcionais de configuração teórica.

2.2 O Desenvolvimento Conceitual do Princípio de Incerteza: “Crítica dos Conceitos Físicos da Teoria Corpuscular da Matéria”

Se a Teoria Quântica admite imagens não usuais que configuram a coexistência do comportamento ondulatório e do comportamento corpuscular além das limitações experimentais, encontra-se no Princípio de Incerteza a dialética destes dois problemas. O que se observará ainda é que seu estudo é de grande importância, pois, se o conhecimento científico foi alvo de questionamentos ontológicos e epistemológicos ao longo da história, no Princípio de Incerteza verifica-se a coexistência de ambas as concepções e suas consequências, enquanto Bachelard encontrará o aspecto central de sua nova filosofia no referido princípio.

O princípio de incerteza, ou indeterminação, tem suas origens na teoria de Dirac-Jordan. Dirac já havia enunciado que na Teoria Quântica só era possível dar valores numéricos a uma de duas variáveis conjugadas. Heisenberg investigou a relação quantitativa entre os valores teoricamente permitidos, ou seja, a relação estatística entre os valores destas grandezas.

No entanto ele se questiona se esta restrição, limitação recíproca da precisão é meramente uma restrição imposta pelo formalismo matemático ou se é reflexo de um estado mais profundo das coisas (JAMMER, 1966).

Antes mesmo de iniciar seus estudos que levariam à carreira de físico Werner Heisenberg já demonstrara um especial caráter filosófico e um grande interesse pela natureza do conhecimento com relação às entidades atômicas. Tais questões eram geralmente abordadas em suas caminhadas pelas montanhas em acampamentos organizados com amigos. (HEISENBERG, 1996).

Em suas próprias palavras:

Numa luminosa manhã de primavera, uns dez a vinte de nós, a maioria mais jovem que eu, partimos numa caminhada que, se bem me lembro, nos levou pelas montanhas que se elevam na margem ocidental do lago Starnberg. Pelas frestas na densa tela esmeralda de faias tínhamos vislumbres ocasionais do lago lá embaixo e das altas montanhas ao longe. Tive ali minha primeira conversa sobre o mundo dos átomos, que seria de grande importância para o meu desenvolvimento científico posterior (HEISENBERG, 1996, p. 9).

Mas foi durante discussões com Bohr com relação à natureza da nova teoria que Heisenberg encontrou uma saída filosófica para a ambigüidade epistêmica, para o desafio filosófico imposto pela Teoria Quântica:

A solução final foi abordada de duas maneiras diferentes. Uma delas foi uma reviravolta da questão. Ao invés de perguntar: como se pode demonstrar, no esquema matemático conhecido, uma dada situação experimental? Uma outra pergunta era feita: seria verdade dizer-se que ocorrem na natureza somente aquelas situações experimentais que podem ser demonstradas pelo formalismo matemático? A hipótese de que isso fosse realmente verdade, deu lugar a limitações no uso de conceitos que tinham sido, desde Newton, básicos na física clássica. Da mesma maneira que na mecânica newtoniana, nada impede que se fale em posição e velocidade do elétron e, além disso, pode-se observar e medir essas grandezas. Mas, contrariamente ao que ocorre na mecânica de Newton, não se pode medir simultaneamente aquelas grandezas com alta precisão arbitrariamente. De fato, o produto das duas imprecisões, em suas medidas, resultou não ser menor que a constante de Planck dividida pela massa da partícula. Relações análogas foram igualmente formuladas para outras situações experimentais. Todas elas são usualmente chamadas de *relações de incerteza*, diferentes instâncias do *princípio de indeterminação*. E, assim, aprendeu-se que os velhos conceitos não se adequam à natureza de maneira exata (HEISENBERG, 1987, p.37).

Na procura por um entendimento intuitivo das relações matemáticas encontradas observam-se duas interpretações com naturezas e conseqüências filosóficas distintas para o Princípio de Incerteza. Historicamente estas diferem no tempo, mas podem ser encontradas em *The Physical Principles of Quantum Theory* fazendo parte de um mesmo corpo de texto ao qual Heisenberg dá o nome de *Crítica dos Conceitos Físicos da Teoria Corpuscular da Matéria*.

Para compreendermos as limitações e conseqüências de cada modelo precisamos antes compreender a diferenciação entre ontologia e epistemologia o que faremos utilizando o conceito em discussão, o qual é referido ora como incerteza ora como indeterminação. Certeza ou incerteza é uma propriedade do nosso conhecimento sobre as coisas, uma propriedade epistemológica. Determinismo ou indeterminismo é uma propriedade do mundo das coisas, uma propriedade ontológica (SILVEIRA, 1993).

CONHECIMENTO		
Natureza	CERTO	INCERTO
	DETERMINADA	
	INDETERMINADA	

Figura 1. Esquema ontologia x epistemologia

Quando observamos a construção da Ciência de seu ponto de vista filosófico verificamos então o embate ao qual a Ciência se submete a partir da formulação da Teoria Quântica, sendo este relativo exatamente à natureza desconhecida da matéria (ontologia),

contra as limitações do conhecimento humano acerca dela (epistemologia) cujo centro se encontra nos reflexos da enunciação do princípio de incerteza.

Bachelard admite que as metafísicas (para ele pressupostos teóricos das teorias) implícitas que antes eram contraditórias designadas de racionalismo e realismo, encontram-se “tranquilamente associadas” no espírito moderno. Para ele a Ciência, produto do espírito humano admite dois aspectos, um subjetivo e outro objetivo, ambos igualmente necessários, que agora se coordenam em uma dialética característica do “Novo Espírito Científico”. Segundo Lobo (2008, p. 91)

Ao defender uma síntese da teoria com a experiência, nas ciências físicas, Bachelard propõe uma filosofia em que o *racionalismo aplicado* e o *materialismo técnico* se manifestem, num movimento dialético que represente o verdadeiro pensamento científico.

Como exposto anteriormente, Heisenberg questiona se a Incerteza seria uma consequência matemática ou se seria possível uma interpretação intuitiva. Chibeni (2005) ressalta a coexistência de três interpretações possíveis para as relações, sendo uma puramente matemática (ponto de partida para o questionamento intuitivo, como observado acima) e duas interpretações de origens “intuitivas” distintas com consequências diferentes. Historicamente elas se apresentam em momentos distintos, mas estão presentes no *The Physical Principles of Quantum Theory*. Neste texto encontram-se as interpretações dentro de um esquema de crítica dialética. Heisenberg iniciará com uma crítica à visão corpuscular da matéria, apresentando posteriormente uma visão ondulatória que também é criticada, culminando então nas relações intrínsecas da matemática.

Para Bachelard, que por muitas vezes cita Heisenberg em seus trabalhos, justificando a necessidade de um “novo espírito”, esta crítica ambígua revela a dialética deste novo espírito:

Com muita justiça, Heisenberg dá a suas críticas um aspecto pedagógico que expõe a necessidade da dupla experiência. Em seus *Príncipe Physiques de la Theorie des Quanta*, após uma curta introdução desenvolve dois capítulos curiosamente antagonistas. [...] Na verdade, esta crítica dialética é uma excelente lição de filosofia fenomenista (2000, p.79-80).

O caráter dual do elétron é uma das grandes questões da Mecânica Quântica. Nele estaria o cerne do “quantum de ação”, e, partindo-se daqui, inicia-se uma gigantesca ruptura com os conceitos clássicos, os quais estão fortemente sedimentados.

Classicamente, uma partícula pode ser concebida como uma bola muito pequena, a qual possui trajetória bem definida (PESSOA JÚNIOR, 2005). Uma onda é definida como

uma excitação que se propaga através de forma dispersa do espaço, carregando energia, como se observa ao visualizar as ondas criadas por uma pedra atirada em um lago. Além de serem contínuas e se dispersarem, ao se encontrarem, ondas clássicas não interagem como partículas, exibindo fenômenos típicos conhecidos como interferências.

Como compreender a simultaneidade destas duas definições ao supor-se que o elétron possui caráter dual, ou seja, comportando-se como onda e partícula? Afinal, seria o mesmo que admitir que este seja contínuo e descontínuo, que possua trajetória e que esteja disperso no espaço. Segundo Johnston et al. (1998), a dificuldade de compreensão por parte dos alunos se deve às imagens preconcebidas destes dois conceitos:

Tudo isto traz grandes implicações na aprendizagem da mecânica quântica para alunos. Todos os modelos mentais com os quais eles já trabalharam antes, onda ou partícula, são modelos pictóricos (p. 431, tradução livre).

A discussão proposta por Heisenberg (1949) se inicia com um chamado às relações de incerteza a partir da visão corpuscular. Neste ponto é colocada a limitação das imagens concebidas para os conceitos evocados pela Mecânica Quântica, os quais fazem parte da realidade comum:

Os conceitos de velocidade, energia, etc., têm sido desenvolvidos de simples experimentos com objetos comuns, nos quais o comportamento mecânico dos corpos macroscópicos pode ser descrito por algumas palavras. Estes mesmos conceitos tem sido trazidos para o elétron, desde que em certos experimentos fundamentais elétrons tem mostrado comportamento mecânico semelhante à objetos de experimentos comuns.
[...] Esta similaridade existe em alguns casos especiais, nos quais a teoria corpuscular deve ser limitada. Segundo Bohr, esta restrição pode ser deduzida do princípio de que na física atômica pode-se enxergar em termos de partícula ou onda equivalentemente (HEISENBERG, 1949, p.13).

Bachelard em o “Novo Espírito Científico” explorará a explicação dada por Heisenberg atribuindo limitações ontológicas a uma visão corpuscular advindas de uma interpretação ondulatória quando se contempla a noção de pacote de onda. As limitações são então justificadas pela via epistêmica ao se compreender segundo ele os problemas de medida relativos ao mundo microscópico. Esta oscilação entre ontologia e epistemologia é recorrente na visão bachelardiana, na qual o conhecimento é fruto da dialética entre estes dois aspectos, no entanto verificaremos a seguir que cada uma destas posições implica conseqüências à interpretação da natureza.

Numa primeira abordagem então, a incerteza é colocada como uma característica essencial advinda das conseqüências da adoção de uma formulação ondulatória para a

descrição do elétron. Nesta formulação, podemos descrever o comportamento de um elétron através de uma onda, consequentemente um pacote de onda também é solução para este problema. Segundo Heisenberg (1949, p.14):

A velocidade do elétron corresponde à do pacote de onda, mas esta não pode ser exatamente definida, devido à difusão ocorrida no espaço. Esta indeterminação deve ser considerada como uma característica essencial do elétron, e não uma evidência da inaplicabilidade da visão ondulatória.

Um pacote de onda pode ser obtido através da superposição de ondas planas sinusoidais de comprimento de onda distribuídos em uma determinada faixa (COHEN-TANNOUDJI et al., 1977).

Este é um problema que pode ser tratado em parte através do formalismo clássico. Extraí-se aqui o desenvolvimento apresentado por Cohen et al. (1977). Associando-se uma onda de frequência $\omega=2\nu\pi$ e vetor de onda k a uma partícula com energia E e momento p , temos as mesmas relações que para um fóton

$$E = h\nu = \hbar\omega \quad (8)$$

e

$$p = \hbar k \quad (9)$$

Desta forma tem-se que:

$$\lambda = \frac{2\pi}{|k|} = \frac{h}{|p|} \text{ (a relação de de Broglie)} \quad (10)$$

Considerando-se agora uma partícula livre, quando o potencial é zero a equação de Schroedinger se torna:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(\vec{r}, t) \quad (11)$$

A seguinte solução satisfaz a equação:

$$\Psi(\vec{r}, t) = Ae^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)} \quad (12)$$

Uma onda plana desse tipo representa uma partícula com probabilidades iguais de posição para todo o espaço, ou seja, encontra-se deslocalizada.

O princípio de superposição de estados garante que toda combinação linear de ondas planas também é uma solução da equação. Dessa forma, uma superposição pode ser escrita na forma:

$$\Psi(\vec{r}, t) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \int g(k) e^{i[\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega(k)t]} d^3k \quad (13)$$

Tomando-se a função que representa a superposição para uma dimensão espacial no tempo zero (origem), a função de onda pode ser escrita como:

$$\Psi(x, 0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int g(k) e^{ikx} dx \quad (14)$$

Conseqüentemente, se o potencial $V(x, 0)$ puder ser escrito desta forma então a validade não se dá apenas para uma partícula livre.

A partir deste formalismo, verifica-se agora o que ocorre ao somarmos ondas planas. Tomadas três ondas planas (um caso mais simples do que a soma de infinitas ondas). Seus vetores de onda serão k_0 , $k_0 - (\Delta k/2)$ e $k_0 + (\Delta k/2)$ e suas amplitudes serão proporcionais, sendo respectivamente, 1, $1/2$ e $1/2$.

Desta forma:

$$\Psi(x) = \frac{g(k_0)}{\sqrt{2\pi}} \left[e^{ik_0x} + \frac{1}{2} e^{i(k_0 - \frac{\Delta k}{2})x} + \frac{1}{2} e^{i(k_0 + \frac{\Delta k}{2})x} \right] \quad (15)$$

Nesse caso, a função tem seu máximo na origem, quando as ondas estão em fase e há interferência construtiva. Ao mover-se no eixo x a função decresce, pois as ondas estão cada vez mais em oposição de fase, conforme a figura abaixo:

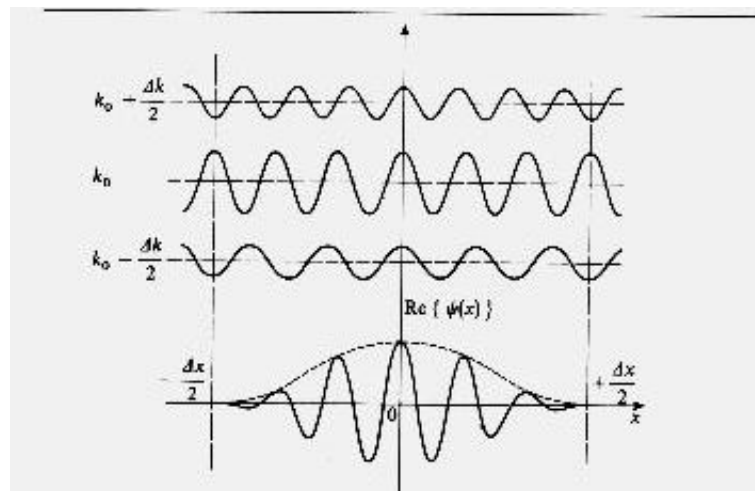


Figura 2. Superposição de ondas planas.
Fonte: Cohen-Tannoudji; Diu e Laloe (1977, p. 24)

A soma de mais ondas com vetores de onda distribuídos num dado intervalo, gera um pico, o que pode ser interpretado como uma singularidade, ou seja, um pacote de onda cuja posição se torna conhecida, a onda está localizada e não mais espalhada pelo espaço. Todavia, o aumento da precisão na posição acaba por afetar o conhecimento do momento, advindo do vetor de onda k conforme demonstração acima.

Ou seja, o tratamento matemático clássico demonstra de forma clara a ocorrência do princípio de incerteza também quando se trata ondas planas. Porém o ponto de partida deste desenvolvimento é a associação a uma partícula deste pacote de ondas, de onde decorre a interpretação quântica do fenômeno

Esta relação de incerteza especifica os limites com os quais a visão corpuscular pode ser aplicada. Qualquer uso das palavras “posição” e “velocidade” com precisão maior que a dada pela equação (1) é tão inútil como o uso de palavras cujo sentido não é definido (HEISENBERG, 1949, p.15)

Chibeni (2005) define esta versão como ontológica, pois “ela diria respeito a uma indeterminação intrínseca aos entes físicos”. (p. 183). Ou seja, aqui a natureza é indeterminada, o que consequentemente gera incerteza nos dados obtidos através da experimentação. Mas Chibeni enfatiza que os fenômenos, ainda que verifiquem o aspecto ondulatório da matéria, o que justifica a abordagem, coexistem com outros que sugerem a natureza corpuscular dos entes quânticos (fato, estar contido em uma crítica à visão corpuscular da matéria).

O principal argumento que solucionaria esse problema, ou seja, enxergar a matéria como pacotes de onda que quando concentrados formam singularidades, não está contida no formalismo de Schroedinger, estando o mesmo formulado em três dimensões apenas para um elétron. O que significa uma realidade além de três dimensões? O conflito em questão ainda recai sobre o “problema da medida” ou mais geralmente no “colapso da função de onda” não citado no escopo deste trabalho.

Outro problema pode ser percebido quando consideramos ainda a visão de Ciência abordada pelo positivismo. Segundo Comte a Ciência deveria ocupar-se exclusivamente com a “*descoberta de leis descritivas dos fenômenos, devendo, ao mesmo tempo, renunciar prudentemente a qualquer tentativa de descrever causas eficientes ou “modos de produção”*” (Laudan, 2000, p. 52). Defendendo uma Ciência empirista o positivismo então desliga a Ciência de suas questões “existenciais”, definindo-as como metafísica, as quais não fazem parte desta “Ciência Instrumentalista”

Segundo Pessoa Júnior (2005, p.102):

[...] o *positivismo* não envolve apenas uma tese única, mas consiste de quatro afirmações principais: (i) Descritivismo: só faz sentido atribuir realidade ao que for possível descrever, observar. (ii) Demarcação: teses científicas são claramente distinguidas de teses metafísicas e religiosas, por se basearem em, “dados positivos” (são verificáveis). (iii) Neutralidade: o conhecimento científico deve ser separado de questões de aplicação e de valores. (iv) Unidade da ciência: todas as ciências têm um método único, baseado no empirismo e na indução.

Cabe aqui colocar que a ontologia no pensamento filosófico positivista é experimentalmente inquestionável, o que a inclui no domínio da metafísica. Desse modo, o Princípio de Incerteza seria de domínio metafísico. As conseqüências filosóficas da Mecânica Quântica são evidentes. Einstein e Bohr travaram grandes discussões acerca do assunto, que culminaram no problema EPR, na teoria das variáveis ocultas de Bohr e nas Desigualdades de Bell como citado. Ainda que as discussões tenham culminado em uma outra abordagem da Teoria Quântica, a principal questão centrava-se no Princípio de Incerteza inadmissível a Einstein.

Admitir que seja fisicamente impossível conhecer um sistema em sua totalidade com exatidão acaba por contrapor a Ciência à sua principal busca *a priori*, fruto do pensamento realista dogmático, uma teoria geral determinística, capaz de prever a natureza, como proposto por Laplace, até mesmo para o comportamento humano.

Num segundo momento, na seção intitulada “Ilustração das Relações de Incerteza”, encontra-se a evolução das relações de incerteza partindo de outro pressuposto, cujas conseqüências recairão sobre preceitos epistemológicos como veremos.

A discussão parte supondo-se um elétron livre cuja velocidade seja conhecida, mas cuja posição seja completamente desconhecida. Como conseqüência da mensuração da posição, obter-se-ia uma alteração do momento tal que o conhecimento sobre movimento do elétron estaria restrito às relações de incerteza. Segundo Heisenberg (1949, p. 20) “isto pode ser expresso em termos concisos e gerais dizendo-se que todo experimento destrói algum conhecimento do sistema do qual este foi obtido por um experimento anterior”.

Diversos exemplos de experimentos que destruiriam informações sobre o sistema estão contidos no corpo do texto, contudo nos ateremos ao primeiro exemplo, o qual, historicamente é anterior ao ontológico. O experimento apresentado é o da medição da posição de um elétron através de um microscópio de raios gama.

Neste experimento a posição do elétron deve ser determinada. Para tanto é necessário iluminá-lo. Porém a precisão da medida depende do comprimento de onda.

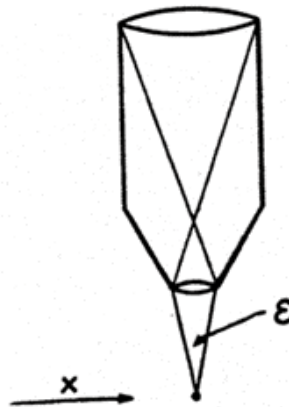


Figura 3 Experimento do microscópio de raios gama.

Fonte: Heisenberg (1949, p. 21).

De acordo com as leis ópticas, o espalhamento do raio gama em questão é dotado de imprecisão dada por:

$$\partial x = \frac{\lambda}{\text{sen} \varepsilon} \quad (16)$$

na qual, ∂x é a imprecisão da medida, λ o comprimento de onda e ε é o ângulo de possível espalhamento dentro da captura do microscópio, sofrido pelo feixe.

Ao ser espalhado o fóton confere um momento da ordem de h/ν . A direção do fóton fica indeterminada dentro do ângulo de espalhamento, o que provoca incerteza no momento:

$$\partial p_x = \frac{h}{\lambda} \text{sen} \varepsilon \quad (17)$$

Demonstrando Heisenberg que após o experimento

$$\partial x \partial p_x \approx h \quad (18)$$

Nesta versão as relações de Heisenberg não expressariam uma característica física dos objetos “[...] mas uma característica de nosso conhecimento acerca dos objetos, já que outros fatos ligados às situações experimentais contribuiriam para esta incerteza” (CHIBENI, 2005, p. 184).

Segundo Chibeni (2005):

[...] o que Heisenberg faz é evocar os alegados limites do nosso conhecimento possível dos valores precisos simultâneos de pares de grandezas conjugadas para justificar a falta desses valores no formalismo quântico[...] bem como, em um nível mais físico e intuitivo, a coexistência dos aspectos corpuscular e ondulatório dos objetos quânticos (p.185).

Neste caso, encontramos uma natureza determinada, no entanto o conhecimento sobre os dados é incerto, devido a influência do experimento na medida.

A presente versão permite uma série de críticas de acordo com Chibeni. Defende-se aqui uma generalização de um princípio físico através de uma situação experimental particular. As generalizações empíricas tornam-se aceitáveis quando compreendem casos semelhantes. Falta ainda um suporte teórico consistente para essa defesa e generalização, o “quantum de ação”.

Sendo esse um experimento de pensamento (*gedank-experiment*), Popper defende que os experimentos de pensamento são válidos para criticar teorias, ao construir conjecturas ousadas que possam questionar os princípios de validade de um dado conhecimento, mas não em suas defesas, já que o conhecimento defendido deve se validar dentro de sua própria conjectura (CHIBENI, 2005). O autor ainda ressalta uma grave falha conceitual nessa versão: o aparato experimental não assume a impossibilidade de mensuração simultânea dos pares de grandezas conjugadas.

Heisenberg apresenta ainda sua crítica à visão ondulatória da matéria baseando-se em elementos corpusculares e que levará novamente às relações de incerteza. O chamado à crítica se dá da mesma forma que o exposto anteriormente para a visão corpuscular:

Os conceitos de amplitude de onda, campo elétrico e magnético, densidade de energia, etc., são originalmente derivados de experiências primitivas da vida cotidiana, tais como a observação de ondas em água ou as vibrações de corpos elásticos (HEISENBERG, 1949. p.48).

O problema encontrado por Heisenberg em uma visão ondulatória é que os limites de uma visão corpuscular em detrimento do tamanho ínfimo das partículas, impõem limites ao tratamento ondulatório ao destruir a informação sobre os sistemas quando tratados em função de propriedades ondulatórias já que estas se encontram deslocalizadas no espaço, elemento fundamental de sua natureza. Bachelard assim o coloca:

[...] assim como a posição de um elétron é impossível de precisar, o conhecimento exato das amplitudes em cada ponto de uma região ocupada por uma onda é manifestamente impossível. Toda experiência de medida não pode fornecer mais que o valor médio da amplitude numa região do espaço num intervalo de tempo que não podem ser reduzidos a um ponto e a um instante. Noutras palavras, a onda não se deixa concretizar em torno de um ponto material, que tornaria assim o suporte do movimento vibratório aceitando o ponto material como uma raiz correta e real dos fenômenos (2000, p.39).

Dentro de sua perspectiva positiva com relação à Mecânica Quântica, Bachelard não observa o desafio onto-epistêmico que se torna o Princípio de Incerteza ao abarcar uma dupla interpretação com vieses filosóficos distintos. É interessante perceber que para Bachelard a coexistência de duas visões distintas, epistemológica e ontológica, pode ser dialetizada num todo coerente que justificará as relações de incerteza:

Todas as imagens da mecânica do ponto atrapalham-se umas às outras: já que não se pode mais reconhecer o corpúsculo, não se pode mais reencontrá-lo, não se pode mais segui-lo pelo rasto. Ele já não deixa, portanto, mais rasto. Seu movimento não se traduz propriamente falando, sobre uma trajetória. Sua matéria escapa totalmente ao princípio de identidade, ao princípio de conservação mais fundamental. Considerando como soma dos fenômenos vibratórios, é antes reconstituído que conservado. Finalmente, deve-se recusar ao corpúsculo a atribuição direta das qualidades para fazer passar por conta da construção indireta a conquista mais ou menos durável dos atributos.

Tornar indireto o que era direto, encontrar o mediato no imediato, o complexo no simples, eis a medida exata da revolução do empirismo produzida pela mecânica ondulatória. Do ponto de vista psicológico, vemos que as novas doutrinas nos ensinam a desaprender, nos solicitam, se podemos dizer, de desintuicionar uma intuição por outra, de romper com as análises primeiras para pensar o fenômeno ao termo de uma composição (BACHELARD, 2000, p.81).

Esta dialética encontra-se segundo Bachelard essencialmente na composição das perspectivas ondulatória e corpuscular. As imagens, segundo ele, são claras somente se forem analisadas particularmente, e uma concepção da composição só pode ser adquirida através da associação matemática, revelando mais uma vez o otimismo do filósofo francês com relação à Física Matemática e ao pensamento metafísico admito por esta. Segundo ele:

Tudo o que se pode dizer, é que esta associação não é causal, nem substantiva. O corpúsculo e a onda não são coisas ligadas por mecanismos. Sua associação é de ordem matemática; deve-se compreendê-los como momentos diferentes de matematização da experiência (BACHELARD, 2000, p.87).

Uma versão estritamente estatística também é encontrada nas produções de Heisenberg, a qual suscita críticas por uma via metafísica de análise. Observa-se que esta visão é pertinente e, muitas vezes, admitida pelo corpo de cientistas já que recorre à Mecânica Quântica como mero formalismo matemático, anulando uma possível discussão acerca da natureza da Ciência, posição clara no formalismo de Dirac. Ressalta-se ainda que, esta versão das relações de incerteza não possui a completude filosófica admitida por Bachelard com relação à física matemática.

Ainda dentro do corpo de texto mencionado acima, Heisenberg aponta para uma versão das relações de incerteza que pode ser deduzida sem o uso explícito de uma visão ondulatória, obtida do esquema matemático da Teoria Quântica e de sua interpretação.

A presente visão é historicamente posterior às duas antevistas. Em seus artigos, Heisenberg faz uso do termo “desvio padrão”, que é uma noção estatística. Desvio padrão é uma quantidade estabelecida quando se trata um conjunto de dados (CHIBENI, 2005).

Isto leva a interpretação estatística da função de onda, proposta por Max Born, onde a probabilidade de se encontrar uma partícula quântica é dada pelo módulo quadrado da função de onda. Para Chibeni (2005) “a interpretação remete naturalmente a uma situação em que se considera não um objeto individual, mas um conjunto, ou “ensemble”, de objetos preparados num mesmo estado quântico”. (p. 185)

Dessa forma, a incerteza é “um limite mínimo para a dispersão estatística nos resultados de medida de grandezas conjugadas” a qual se deve “a uma dispersão mínima ineliminável, radicada na teoria quântica” (CHIBENI, 2005, p.186).

É interessante perceber que Schroedinger demonstra que a incerteza, tomada nessa concepção, é parte integrante das equações para dois operadores auto-adjuntos:

$$(\Delta A)^2 (\Delta B)^2 \geq \left| \left\langle \frac{1}{2}(AB - BA) \right\rangle \right|^2 + \left(\frac{1}{2} \langle AB + BA \rangle - \langle A \rangle \langle B \rangle \right)^2 \quad (19)$$

Nesse caso, o comutador “AB-BA” é $ih/2\pi$ enquanto para estados como o estudado por Heisenberg o último termo quadrático é zero gerando a versão estatística da relação do princípio de incerteza:

$$\Delta A \Delta B \geq \frac{h}{4\pi} \quad (20)$$

Chibeni (2005) aponta que “a relação estatística e sua demonstração independem completamente não apenas de qualquer hipótese acerca da natureza do objeto quântico, como também acerca de eventuais limitações de nosso conhecimento a seu respeito”. (p. 187)

Ainda que defendida, justificada pela validade empírica dos meios estatísticos, a presente interpretação não finaliza os debates quanto à natureza da teoria. Haja vista, como já mencionado, a comunidade científica se dividiu em duas vertentes da teoria, considerando uma delas que a teoria estaria incompleta, enquanto o “quantum de ação” justificaria toda a natureza peculiar do tratamento matemático e suas conseqüências. Contudo, como já dito

anteriormente, uma teoria simplesmente matemática não é uma teoria completa sem um sentido físico.

Para qualquer uma das 3 possíveis interpretações é importante perceber que a limitação do conhecimento científico acerca da natureza existe, e que remete ainda a um problema recorrente na filosofia da Ciência, o trinoma, ontologia-epistemologia-formalismo matemático. Reconhecer esta limitação é parte integrante da noção de Ciência que se espera fora de uma visão positivista, ou seja, de uma Ciência normativa, dura e acabada, fruto exclusivamente da produção empírica do conhecimento. As relações de incerteza ainda exprimem os problemas oriundos das relações entre o mundo real, observável e o mundo científico, já que aqui se revelam as limitações das concepções acerca de “onda” e “corpúsculo”, advindas do mundo real, quando utilizadas na interpretação da natureza nos limites da estrutura da matéria.

Bachelard define:

Assim uma das conseqüências filosóficas mais importantes do princípio de Heisenberg é sem dúvida a limitação das atribuições realísticas. Pretender ultrapassar os marcos das relações de incerteza, é empregar as palavras posição e velocidade fora do domínio em que foram definidas, em que são definíveis. (BACHELARD, 2000, p.112)

Apoiando-se ainda nesta perspectiva, ele ilustra esta limitação das imagens observando o desafio imposto pelas imagens associadas a um outro termo mecânico quântico, o spin, que surge dentro de uma visão exclusivamente matemática, a versão de Dirac, como uma necessidade à simetria das funções e ao Princípio de Exclusão de Pauli.

Apoiando-se em Meyerson, Bachelard verifica:

1.º - Primeiramente, é muito certo que a rotação é o simples pretexto do spin. A melhor prova, é que ele é quantificado com uma simplicidade muito grande. Se se tratasse de uma rotação real, concebida sobre o tipo ultra-rico das rotações do mundo usual, seria preciso considerar quanto mais numerosos e mais elevados. Em seguida, o spin encontra sua legitimação em composições. Sobre um elétron isolado, ele não teria de nenhum modo sentido. O spin é, portanto pensado, absolutamente imaginado.

2.º - Além do que, no próprio nível da imaginação, a rotação do elétron, como o próprio elétron não tem sentido. É preciso não esquecer que imaginamos com nossa retina e não com a ajuda de uma faculdade misteriosa e toda poderosa. É um ponto que Jean Perrin expôs engenhosamente. Não somos capazes de descer pela imaginação mais baixo do que pela sensação. Em vão, liga-se um número à imagem de um objeto para marcar a pequenez deste objeto: a imaginação não segue a inclinação matemática. Não podemos pensar senão matematicamente; do próprio fato do enfraquecimento da imaginação sensível, passamos portanto ao plano do pensamento puro onde os objetos não tem realidade senão em suas relações. Eis aqui portanto um limite humano do real imaginado, noutras palavras, um limite à determinação figurada do real (BACHELARD, 2000, p.116)

A coexistência de múltiplas visões acerca da natureza da matéria e a persistência de diferentes vias de justificação do aparato lógico contornam toda a teoria Quântica causando em muitos casos a multiplicação da *epistème* de um conceito.

A exemplo disso, tem-se que a descontinuidade da matéria advinda deste caráter dual exige que as propriedades desta sejam definidas de forma probabilística (interpretação de Max Born), sendo necessário definir-se então *estados*. Segundo a Mecânica Quântica se dois estados são possíveis, a soma destes também é um estado possível. Esta premissa é conhecida como “Princípio de Superposição”

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\Psi_A\rangle + \frac{i}{\sqrt{2}}|\Psi_B\rangle \quad (21)$$

Na qual a notação $|\Psi\rangle$ define um vetor de estado da função de onda num dado sistema.

O que é um estado em Mecânica Quântica? Pessoa Júnior (2005) levanta quatro possíveis interpretações para um estado Quântico.

Em uma interpretação explicitamente ondulatória um estado é apenas uma potencialidade que estabelece probabilidades, evoluindo com o tempo. Desta forma, toda informação estaria contida na função de onda. Para um sistema de N entidades quânticas a função de onda é definida para 3N dimensões espaciais mais uma temporal. O próprio Schroendinger abriu mão de uma natureza estritamente ondulatória da função de onda exatamente por não conceber esta multiplicidade de dimensões.

Uma visão corpuscular para a Superposição antevê uma noção estatística. Para tanto são tratados *ensembles*, ou conjuntos de entidades que estariam associadas numa preparação experimental. Ou seja, parece caber aqui a visão de Einstein da teoria, de que esta estaria incompleta, já que um ente não pode ser descrito individualmente desta maneira.

Numa versão denominada Dualista Realista, Pessoa Júnior (2005) parte da teoria das Variáveis Ocultas proposta por David Bohm. Aqui, variáveis ocultas, ou partículas com posições e velocidades bem definidas, estariam por trás da descrição do estado.

Uma quarta interpretação considera a Complementaridade. A função de onda passa a ser considerada meramente como um “instrumental” para se obter previsões. Temos aqui uma descrição matemática, desprovida de fundamentação teórica, para a função de onda.

Pessoa Júnior demonstra que a primeira e a terceira visão não colocam a intervenção do observador como problema para a determinação das quantidades de interesse. Em

contrapartida, a quarta interpretação considera o observador como possível modificador do estado sob medida, e, desta forma, o estado em questão passa a ser uma questão epistêmica.

Ficam claras, nas definições, as conseqüências do embate acerca da natureza da função de onda e conseqüentemente da matéria e das entidades quânticas.

3 REFLEXÕES PRIMEIRAS

Olhar para o contexto das produções em Ensino de Ciências ao mesmo tempo em que se olha os problemas epistêmicos da Mecânica Quântica justifica os problemas encontrados no ensino para a abordagem do tema. A produção acadêmica na área, vasta em seus objetivos e perspectivas apresenta um panorama complexo e de difícil acesso para abordagens epistemológicas dos conceitos da Mecânica Quântica. Tal complexidade se reflete ainda no conceito de interdisciplinaridade que não se apresenta de forma clara ainda, mas que é claramente defendido pelos documentos oficiais que enxergam na Química uma Ciência nuclear neste processo.

Contudo os conteúdos referentes aos tópicos de Mecânica Quântica são abordados de forma distinta nas disciplinas de Química e Física, em níveis diferentes de abstração e ao que tudo indica com objetivos distintos. Mas Física e Química não se diferenciam somente como disciplinas definidas pelos PCNEM, mas também como Ciências em suas epistemologias. A Química se mostra pictórica enquanto a Física essencialmente matemática.

Assumir a perspectiva histórica se mostra um viés interessante e rico dentro deste panorama, já que identifica problemas epistêmicos e orienta a busca pelos obstáculos para compreender os conceitos. Tais obstáculos se apresentam no caminho histórico realizado dentro da história do Método Científico e da estrutura epistemológica da Ciência e da Teoria Quântica. O que se encontra é uma dicotomia entre duas posições antagônicas que conviveram no interior da história do conhecimento científico desde as sociedades clássicas, a ontologia e a epistemologia, o Realismo e o Racionalismo. Ao que tudo indica a metafísica deixa de se tornar um eixo orientador com o Positivismo e retoma esta importância com o desenvolvimento da Mecânica Quântica.

À luz da teoria Bachelardiana é possível reconhecer a dialética presente na filosofia da Ciência e verificar ainda a existência de tal discussão em um dos cerne da Teoria Quântica, o Princípio de Incerteza, o qual admite uma tripla interpretação proposta pelo próprio Heisenberg. Ainda que submetida a críticas, Bachelard irá defender a dialética do conhecimento científico, em consonância com a matemática, agora com status realizante.

Tal olhar implica a seguinte postura: os conceitos quânticos e seus aparatos matemáticos somente fazem sentido dentro de uma análise filosófica dos mesmos, no qual se abarque tal dialética do conhecimento. Conceitos tais que serão abordados por professores em sala de aula, dentro da perspectiva expostas pelos documentos oficiais. Assim o objetivo desta

pesquisa é verificar nas descrições de licenciandos em Física e Química as concepções sobre o conhecimento científico, essencialmente no que se refere à Mecânica Quântica

Lança-se agora um novo olhar sobre as estruturas de pensamento de licenciandos em Física e Química referentes aos conceitos quânticos e os pressupostos metafísicos admitidos por Gaston Bachelard e verificados na análise histórica realizada anteriormente, sobre as noções de Perfil Epistemológico e Obstáculo Epistemológico (identificados à seguir). Estas noções fazem parte do corpo teórico que permite a interpretação das descrições obtidas a partir da fenomenologia.

4 A METODOLOGIA DO TRABALHO DE PESQUISA

Nesta seção encontra-se a descrição da metodologia de pesquisa para a busca proposta. Apóia-se aqui na pesquisa qualitativa, em especial na fenomenologia para a obtenção do ideário, sob qual, posteriormente, admite-se um olhar bachelardiano.

4.1 A pesquisa Qualitativa

O método de pesquisa qualitativa tem despertado muitas controvérsias. Ainda hoje é caracterizado com um meio impressionista não objetivo, o que lhe dá um caráter final não científico. Com grande dificuldade, no entanto a pesquisa qualitativa tem aberto seu espaço.

A pesquisa qualitativa abdica de abordagens matemáticas no tratamento de dados, trabalhando com elementos orais, a escrita, imagens, símbolos, etc.

A tensão entre pesquisa qualitativa e quantitativa revela duas posições epistemológicas distintas: uma postura que acredita ser o estudo do homem uma extensão do que é estudo da natureza, o que admite então a extensão dos meios de pesquisa e um outro viés que admite que o homem interpreta o que está a sua volta e que, não sendo um objeto passivo, admite uma forma distinta dos meios positivistas de pesquisa.

Na pesquisa qualitativa, o contexto é de fundamental importância, pois o local de produção da informação de interesse do pesquisador é parte desta informação. Portanto, as ações são mais bem entendidas quando observadas em seu contexto natural de ocorrência, o que impõe ao pesquisador que ele vivencie o local de produção destes dados.

Não sendo dados numéricos, mas sim falas, ações, imagens, a pesquisa qualitativa impõe uma análise descritiva, a qual busca uma total riqueza nos detalhes, em um respeito à originalidade das informações captadas. Assim exige-se que o mundo seja analisado com a visão de que nada é trivial, e que pode e deve constituir uma possibilidade para estabelecer esclarecimento do objeto de estudo.

Dentro deste aspecto, o processo torna-se tão importante quanto os dados, pois a análise da construção das informações se processa como parte dos dados a serem analisados.

Tanto Comte quanto Mill, defenderam a extensão da lógica das Ciências Físicas para o estudo do homem. Os trabalhos baseados em levantamentos amostrais de Durkheim foram importantes e acabaram por dar credibilidade a visão positivista no campo das Ciências Sociais. O comportamento humano passa a ser então resultado de variáveis que podemos

conhecer, desde que tenhamos os devidos cuidados metodológicos e estatístico: dependentes, independentes, mediadoras e poluidoras (MOREIRA, 2002).

Ao afirmar que as pessoas são diferentes, a visão qualitativa requer então uma metodologia que leve em conta tais diferenças. Aqui, o comportamento humano é visto como interativo e interpretativo, e os métodos então recaem sob aspectos etnográficos.

Cabe ressaltar a importância do interacionismo simbólico que admite o ser humano como fruto da interação social e que visa buscar o modo como as pessoas enxergam e conduzem suas situações de vida, atividades em contato com outras.

Moreira (2002) observa que:

Como seres interativos e auto-reflexivos, as pessoas também controlam, monitoram, ajustam e avaliam seu próprio comportamento ao longo do tempo. A constatação de que as pessoas também podem levar em conta, considerar e alterar seu próprio comportamento no processo de desenvolver linhas de ação em relação às coisas tem profundas implicações para o estudo do comportamento humano. (p.48)

O estudo do comportamento humano deve respeitar as características intersubjetivas da condição humana. Moreira (2002) reconhece três premissas básicas sob as quais repousam interacionismo simbólico.

Os seres humanos agem sob coisas de acordo com o sentido que estas têm para eles, sendo que este sentido aparece a partir da interação social, o qual é modificado pelo meio interpretativo que o indivíduo usa para lidar com o que encontra. Define-se então o sentido como um produto social, calcado na interação.

O pesquisador então “vai interpretar o mundo real a partir das perspectivas dos próprios sujeitos sob estudo” (MOREIRA, 20002, p.50), e deve admitir uma tarefa de dupla hermenêutica, ou seja, interpretar entidades que interpretam o mundo em que vivem, colocando-se em posturas interagentes, em que os sujeitos de pesquisa estão abertos ao processo, assim como em posturas evasivas ou negativistas. As técnicas utilizadas são várias e incluem a observação participante, assim como a entrevista e a história de vida.

Nesta pesquisa optou-se pela utilização da observação participante. Nesta perspectiva o pesquisador deve buscar entender como os sujeitos enxergam suas próprias situações, tentando aprender o que as pessoas definem como importante e real.

A observação participante pode ser conceituada como uma estratégia de campo que combina ao mesmo tempo a participação ativa com os sujeitos, a observação intensiva em ambientes naturais, entrevistas abertas informais e análise documental (MOREIRA, 2002, p.52).

O produto da observação participante é o relato etnográfico e depende da natureza do observador, da sua atitude com relação aos sujeitos da pesquisa.

Sendo assim a pesquisa qualitativa foca-se na interpretação no lugar da quantificação, visando a subjetividade no lugar da objetividade. Os elementos metodológicos admitem flexibilidade no processo de condução já que as situações complexas de trabalho não permitem um caminho apriorístico para a pesquisa, o que coloca a ênfase no processo e não no resultado. Desta maneira, o contexto é de fundamental importância tanto quanto o reconhecimento do processo de pesquisa sobre a própria ação dos sujeitos de pesquisa.

4.2 A Fenomenologia

Os caminhos da pesquisa qualitativa caracterizam-se mais por dúvidas, incertezas, indefinições do que por certezas absolutas e rotinas de trabalho. A Fenomenologia tem ganhado paulatinamente reconhecimento como metodologia de pesquisa qualitativa. Toda vez que se queira dar destaque à experiência de vida, o método fenomenológico pode ser adequado.

As dificuldades do método fenomenológico na pesquisa encerram-se no fato de ser uma perspectiva oriunda da cultura filosófica. A Fenomenologia nasce no início do século XX com a obra de Husserl “Investigações Filosóficas”. Para ele a Fenomenologia ficaria postada no fenômeno tal como é dado à consciência, deixando de lado as origens causais e sua natureza fora do próprio ato desta. Por fenômeno entende-se aqui tudo que se manifesta ou se revela por si mesmo.

A ênfase da fenomenologia está no componente sujeito do comportamento humano. Os fenomenologistas acreditam que coexistam múltiplas formas de experiência e de interpretá-las, em função das interações com os outros, sendo então a realidade “socialmente construída”.

Para Merleau-Ponty a fenomenologia é o estudo das essências que recoloca a essência na existência das coisas. Na fenomenologia há a procura pela facticidade. O mundo é considerado anterior a qualquer reflexão, abstendo-se à descrição direta da experiência. Quer-se um retorno às coisas mesmas, ao mundo irrefletido, a busca do contato primeiro e não da explicação segunda advinda da filosofia com suas análises ou da Ciência com suas relações causais (CARNEIRO e GENTIL, 2009).

A obtenção deste mundo fenomenológico só é possível a partir de dois atos, reduções, que irão garantir a intuição completa dentro dos princípios fenomenológicos.

A redução fenomenológica ou *epoqué* significa a suspensão do julgamento, o ato de abdicação de pressupostos, tornando-se o método básico da investigação fenomenológica. O mundo não deve ter sua existência questionada, mas esta deve ser relativizada, colocada entre parênteses, suspendendo-se as crenças com relação à existência externa dos objetos da consciência.

Segundo Moreira (2002, p. 88)

Na atitude natural, a consciência está postada diante do mundo enquanto realidade que existe sempre ou está aí. Ao separarmos-nos da tese natural, dá-se suspensão ou colocação entre parênteses, não só das doutrinas acerca da realidade e da ação sobre a realidade, mas também da própria realidade.

A redução eidética, inicia-se ao empreender que aprender a consciência não é suficiente. Esta é a forma pela qual o pesquisador se move dos objetos para suas essências transempíricas. Portanto a redução eidética busca a coisa sem a qual é impossível pensar um objeto, a essência.

A descrição, na pesquisa fenomenológica, tem por objetivo não uma descrição passiva, mas uma interpretação capaz de evidenciar o que os fenômenos têm de mais fundamental e menos aparente (ZULIANI, 2006).

Na pesquisa qualitativa os dados devem ser coletados através de descrições feitas pelos sujeitos, e a análise partir dos objetos descritos. A análise deve pressupor um distanciamento do pesquisador de seus pressupostos e teorias. Este distanciamento favorece que se enfoque as essências, ou seja, os aspectos comuns de uma dada experiência, as partes invariáveis de um fenômeno, ainda que se mude o ângulo de visão.

Giorgi (apud MOREIRA, 2002, p.123) estabelece quatro momentos no método fenomenológico:

- 1) Leitura das descrições sem buscar interpretações para se obter um sentido do todo.
- 2) Discriminação de “unidades de significado” espontaneamente percebidas nas descrições dos sujeitos.
- 3) Transformação das expressões cotidianas em linguagem psicológica, ou seja, discriminação de categorias a partir das expressões concretas.
- 4) Síntese das “unidades de significado” transformadas em proposições ou “estrutura da experiência”

As unidades de significado devem ser observadas diretamente na descrição e sua identificação deve ser espontânea. Estas unidades serão constituintes, pois estarão apoiadas no contexto. A determinação pode variar de pesquisador para pesquisador, já que os critérios psicológicos dependem do olhar do pesquisador, mas devem ser fiéis às significações

atribuídas pelos sujeitos. Dois enfoques são utilizados nas análises dos dados: a Análise Ideográfica e a Análise Nomotética.

A análise Ideográfica refere-se à representação das idéias dos sujeitos, à descrição individual do ideário, ao isolamento das unidades de significado. Ao se passar da análise individual para uma análise geral, encontra-se então a Análise Nomotética. Aqui se busca compreender as convergências e divergências das descrições individuais.

As convergências, divergências, comparações tem a função de elucidação do fenômeno e não um caráter de generalização. E admite-se uma dependência entre as análises: sem o estabelecimento das unidades de significado torna-se praticamente impossível a passagem para o geral. Ao perguntar o ponto de vista dos sujeitos de pesquisa é de se admitir então que, em vista do contexto e desta visão interacionista, o que se tem na verdade é um construto da própria investigação.

4.3 - Os sujeitos da pesquisa

A questão discorrida anteriormente relativa ao aspecto educacional das pesquisas em ensino de Mecânica Quântica, os parâmetros curriculares nacionais do ensino médio, o aparato epistêmico referente as concepções de físicos e químicos, remetem a uma reflexão relativa ao aspecto interdisciplinar que o Ensino de Ciências deve refletir em sala de aula.

Ao longo da discussão onto-epistêmica do problema escolhido para esta pesquisa observa-se ainda a importância de uma visão interdisciplinar referente aos tópicos de Mecânica Quântica já que tanto professores de Química como de Física encontram neste assunto elementos essenciais para a discussão de conceitos em sala de aula.

Por trás dos conceitos, da sala de aula, ainda enxerga-se a questão filosófica intrínseca da Mecânica Quântica referente à natureza da Ciência e a complexa ruptura do método científico considerando-se que tanto professores de Física como de Química devam estar cientes disso, e possam abordar tais questões em sala de aula.

Reflete-se em relação às concepções do modo de produção de Ciência que os futuros professores de ambas as áreas detêm e à forma como encaram o problema epistêmico da Mecânica Quântica, seu formalismo matemático, sua complexidade filosófica. Procurar os obstáculos epistemológicos e reconhecer elementos do perfil conceitual admitido pelos futuros professores para estes questionamentos; coletar as impressões com relação à natureza do conhecimento e à dialética do conhecimento proposta por Gaston Bachelard tornam-se então objetivos desta pesquisa.

Buscou-se dentro dos cursos de Licenciatura em Física e Licenciatura em Química, contidos numa universidade pública na cidade de Bauru/São Paulo o ideário dos licenciandos em relação a estas questões.

O Campus detentor dos cursos possui 4 licenciaturas referentes à Ciências Naturais e Exatas, Matemática, Biologia, Física e Química, assim como o departamento de Ensino que coordena as disciplinas relativas ao ensino/aprendizagem para tais licenciaturas e também o curso de Pedagogia. O local em questão apresenta também 4 programas de Pós-Graduação:

- Educação para a Ciência
- Ciência e Tecnologia de Materiais
- Psicologia do Desenvolvimento e Aprendizagem
- Ciência da Computação - Programa multicampus

Muitos dos alunos encontram-se em iniciações científicas atreladas às linhas de pesquisas pertinentes aos programas de Pós-Graduação. No caso das Licenciaturas em Química e Física, a Pós-Graduação em “Educação para a Ciência” e o programa de “Ciência e tecnologia de Materiais” são os privilegiados pelos licenciandos. Tais programas colocam então em contato os licenciandos dos dois cursos em projetos que muitas vezes são coordenados por professores dos departamentos de Física e Química em conjunto.

O curso de Licenciatura em Física tem duração de 4 anos, e teve seu currículo recentemente reformulado, sendo a turma escolhida para a captação dos dados a segunda turma a se formar no novo currículo proposto. O novo currículo propõe uma integração mais equilibrada entre disciplinas de ensino e as disciplinas da área “dura”. Ressalta-se o elevado número de disciplinas teóricas e práticas relativas aos conteúdos de Física dentro do currículo que se pode verificar no quadro 1, e o modelo “2 + 2” que persiste ainda que o curso tenha se reestruturado já que as disciplinas de estágio encontram-se nos dois últimos anos do curso.

Para a referida coleta de dados que será posteriormente relatada, foi escolhida então a disciplina de Filosofia da Ciência. A atividade foi instalada em uma aula sobre “Teoria x Experimentação” oferecida aos alunos dentro do conteúdo proposto pela disciplina sem interferir na continuidade dos temas discutidos pelo professor.

O professor em questão cedeu uma de suas aulas, com duração de 4 horas, para a atividade que o mesmo julgou pertinente dentro das discussões por ele propostas na disciplina e esteve presente durante a aplicação das atividades participando ativamente da aula.

O contexto avaliado então se refletiria somente no último termo do curso de Licenciatura em Química. A atividade foi proposta dentro do contexto da disciplina Estágio Supervisionado em Ensino de Química II, no qual a professora responsável já pretendia articulações com relação ao assunto, tendo em vista prever em seu currículo duas aulas para “Temas Polêmicos no Ensino de Química”.

A professora em questão cedeu uma de suas aulas com duração também de 4 horas para a aplicação da atividade concordando com os pressupostos da mesma e com a pertinência das questões que seriam propostas, participando da atividade integralmente em sala de aula.

Observando o currículo do curso de Licenciatura em Química encontra-se um curso mais tradicional, no formato “3 + 2”, em que as disciplinas de estágio são colocadas nos dois últimos anos do curso cuja duração é de 5 anos. Novamente encontra-se um extenso rol de disciplinas de cunho técnico, e muitas disciplinas voltadas para a experimentação como é possível verificar no quadro 2.

Tal contexto garantiria, teoricamente, que os dois corpos de alunos tivessem condições de sustentar tais discussões referentes à Epistemologia da Ciência em detrimento dos currículos dos cursos. Observar os dois contextos admite ainda buscar dentro das falas e concepções elementos referentes à interdisciplinaridade tão explicitada dentro dos documentos oficiais.

Currículo do Curso de Licenciatura em Física	
1º Termo	2º Termo
Física I	Laboratório de Física II
Laboratório de Física I	Cálculo Diferencial e Integral II
Metodologia e Prat. de Ensino de Física I	Metodologia e Prat. de Ens. de Física II
Cálculo Diferencial e Integral I	Química Geral e Inorgânica
Cálculo Vetorial e Geometria Analítica	Lab. de Química Geral e Inorgânica
	Física II
3º Termo	4º termo
Física III	Física IV
Laboratório de Física III	Laboratório de Física IV
Cálculo Diferencial e Integral III	Cálculo Diferencial e Integral IV
Física Computacional I	Termodinâmica
Metod. e Prat. de Ensino de Física III	Física Computacional II
História da Ciência	Metodol. e Prática de Ensino de Física IV
5º termo	6º Termo
Elementos e Álgebra Linear	Física Moderna I
Física Matemática I	Mecânica Clássica
Psicologia da Educação	Organização Escolar: A Escola, Plan., Org.
Eletromagnetismo I	Estágio Supervisionado II: A Est. e a Org.
Metodol. e Prática de Ensino de Física V	Ciência, Sociedade, Ambiente e Des. Human.
Estág. Supervisionado I: A Realid. Escolar	
7º termo	8º Termo
Física Moderna II	Introdução a Mecânica Quântica
Laboratório de Física Moderna	Filosofia da Ciência
Instrumentação para o Ensino da Física	Estág. Superv. IV: Ativ. Reg. Uni. Escolar
Estág. Superv. III: Proj. Inter. Ens. Ciência	
Didática das Ciências	
Introdução a Pesquisa em Ensino de Ciências	

Quadro 1 Currículo do Curso de Licenciatura em Física

Currículo do Curso de Licenciatura em Química	
1º Termo	2º Termo
Química Geral I	Química Geral II
Laboratório de Química Geral I	Laboratório de Química Geral II
Introdução à Informática	Física Geral I
Introdução ao Estudo da Química	Laboratório de Física Geral
Cálculo Diferencial e Integral I	Cálculo Diferencial e Integral II
3º Termo	4º termo
História, Filosofia e Tendências da Química	Laboratório de Química Inorgânica
Química Analítica Qualitativa	Química Analítica Quantitativa
Laboratório de Química Analítica Qualitativa	Laboratório de Química Analítica Quantitativa
Física Geral II	Princípios de Geologia e Mineralogia
Química Inorgânica I	Química Inorgânica II
5º termo	6º Termo
Estrutura e Funcionamento do Ensino Fundamental e Médio	Físico-Química II
Físico-Química I	Laboratório de Físico-Química II
Laboratório de Físico-Química I	Psicologia Educacional
Química Orgânica I	Química Orgânica II
Estrutura e Funcionamento do Ensino Fundamental e Médio	
7º termo	8º Termo
Instrumentação para o ensino de Química e Ciências	Estágio Supervisionado em Ensino de Ciências Para o Ensino Fundamental
Química Ambiental	Biologia Geral
Didática	Laboratório de Química Orgânica
Química Orgânica III	Análise Instrumental
Instrumentação para o ensino de Química e Ciências	Estágio Supervisionado em Ensino de Ciências Para o Ensino Fundamental
9º termo	10º Termo
Estágio Supervisionado em ensino de Química I	Estágio Supervisionado em ensino de Química II
Fundamentos de Bioquímica	Elaboração de Material Didático Para o Ensino de Química e Ciências
Laboratório de Bioquímica	Outras participações
Monografia de Conclusão de Curso	Monografia de Conclusão de Curso

Quadro 2 Currículo do Curso de Licenciatura em Química

4.4 Os instrumentos de coleta de dados

Tendo em vista o aspecto teórico apresentado, a dialética do espírito científico presente em Bachelard, as limitações do conhecimento advindas do pensamento de Heisenberg e a dialética onto/epistêmica presente no trabalho de ambos, é de interesse desta pesquisa captar as formas de pensamento relativas às questões acima descritas e a relação que os alunos enxergam entre teoria e experimentação. Três instrumentos de pesquisa foram utilizados dentro desta perspectiva. O primeiro trata-se de um questionário (Apêndice B) contendo perguntas relativas aos desafios epistêmicos impostos pela Mecânica Quântica que também continha questões que buscavam imagens relativas aos conceitos. É importante relatar que as questões possuíam em seu interior questionamentos filosóficos de ordem onto-epistêmica. Foram propostas ainda questões quanto às formas de produção do conhecimento científico, o método científico, que visavam captar impressões acerca do tema para a atividade que viria a seguir um segundo instrumento de coleta de dados. As questões foram pensadas epistemologicamente e organizadas de tal forma que fossem aplicadas uma a uma, o que a nosso ver, minimizaria a possível interferência de uma sobre a outra já que está-se em busca da impressão primeira, objeto central da fenomenologia.

As respostas dos questionários encontram-se identificadas então pelas siglas AQn, aluno da Licenciatura em Química sendo o número de identificação e, AFn aluno da Licenciatura em Física sendo n o número de identificação.

O segundo instrumento de coleta de dados utilizado trata-se das descrições existentes (registradas em vídeo e identificadas segundo o mesmo formato utilizado nas respostas ao questionário) dentro de uma discussão em sala de aula promovida através de uma atividade especialmente concebida para abarcar os princípios aqui buscados. O registro em vídeo neste caso tem caráter distinto para as licenciaturas. Segundo relatos da professora da disciplina de estágio da Licenciatura em Química, os alunos já estariam acostumados com gravações de aulas já que ela mesma já havia gravado algumas de suas aulas para coleta de dados de pesquisa, assim como um projeto instalado na disciplina de estágio promoveria não só um contexto para a formação inicial, mas também ambiente para pesquisas dos próprios licenciandos que como requisito para a obtenção do título devem apresentar uma monografia de conclusão de curso. Os próprios alunos gravavam então, em vídeo, atividades propostas por eles para posterior análise, e também entrevistas com colegas de sala. Já os licenciandos em Física não relataram experiências semelhantes em relação à gravações das aulas. No entanto, o modelo sob o qual foi concebida a atividade foco da aula proposta para a obtenção

dos dados desta pesquisa abre espaço para o diálogo, deixando-os livres para interagir entre si e com a atividade, o que de certa forma corrompeu uma possível inibição imposta pela presença da câmera.

Uma perspectiva que corrompa a rigidez do Método Científico, para que desta forma sintase a necessidade da discussão das limitações acerca de uma ciência instrumentalista parece iminente dentro do contexto colocado anteriormente.

Sendo assim, reconhece-se na investigação e na resolução de problemas, formas análogas de se obter tal confronto, já que, como será explicitado a seguir, ambas seguem passos estruturais comuns do método científico. Ambas as teorias não refletem o senso comum, já que se encontram embasadas em referenciais do ensino de ciências e em elementos educacionais construtivistas que visam essencialmente o confronto com a educação quantitativa, geralmente encontrada nas salas de aula. Mas pode-se arquitetar uma atividade a partir de tais pressupostos que vá diretamente de encontro com o método científico a partir do momento em que essencialmente reflita o conflito exposto.

A Resolução de Problemas consiste em uma metodologia orientada em definir atividades para proporcionar habilidades e estratégias para a solução de situações problema. É importante ressaltar que o conceito de “problema” aqui é de grande importância, para que o mesmo não seja confundido com “exercício”. A diferenciação se dá a partir do momento que problemas não apresentam um caminho rápido e direto para sua resolução, o que costumeiramente ocorre quando se toma um exercício cuja resolução equivale à simples aplicação de um esquema pré-definido (uma equação matemática, por exemplo, pura e simplesmente substituída) (POZO, 1998).

Segundo Pozo (1998)

Dito de outra forma, um problema se diferencia de um exercício na medida em que, neste último caso, dispomos e utilizamos mecanismos que nos levam, de forma imediata, à solução. Por isso, é possível que uma mesma situação represente um problema para uma pessoa enquanto que para outra esse problema não existe, que porque ela não se interessa pela situação, quer porque possua mecanismos para resolvê-la com um investimento mínimo de recursos cognitivos e pode reduzi-la a um simples exercício. (p.16)

Os problemas abordam tanto métodos dedutivos como indutivos e podem ser classificados como bem definidos e mal definidos. O problema bem definido tem seu objetivo claro, e sua solução é de fácil definição com relação ao problema, ou seja, é fácil perceber se a solução encontrada cabe ao problema. Diferentemente um problema mal definido encontra soluções mais gerais ou até mesmo relativas dependendo de fatores extra-lógicos para seu

solucionamento, o que ocorre com frequência em problemas de filosofia ou mesmo em ciências sociais.

Independentemente disso, a resolução de um problema segundo Pozo (1998, p. 22) exige “ [...] uma compreensão da tarefa, a concepção de um plano que nos conduza à meta, a execução desse plano e, finalmente, uma análise que nos leve a determinar se alcançamos ou não a meta”.

Ainda que os procedimentos utilizados pelo indivíduo para solucionar um problema dependam do tipo de conhecimento que se possui e das características do conteúdo, ao observarmos os passos colocados por Polya (quadro 3) pode-se estabelecer uma relação direta com o Método Científico. Cada problema exige o reconhecimento de um corpo de saberes específicos de um dado contexto. Este caráter especifica a diferenciação entre especialistas e iniciantes em resolução de problemas. O que implica ao especialista uma praticidade na elaboração de estratégias é o corpo de conhecimento rico em situações semelhantes a um dado contexto e as regras e caminhos já estabelecidos.

Ao discutir os problemas voltados para o Ensino de Ciências, Pozo (1998) alerta para o hábito do tratamento de problemas em Física ou Química como simples aplicação de equações matemáticas desprovidas de problemas conceituais. Com relação ao segundo tipo abordado Pozo (1998, p. 37) coloca “esses problemas conceituais requerem, para sua solução, o uso de estratégias claramente diferentes das empregadas em problemas matemáticos ou quantitativos”.

Neste sentido, a resolução de problemas se porta como um meio de desmembramento do método científico, de discussão do mesmo e de aplicação. No entanto a resolução de problemas parece estar em geral impregnada de procedimentos intuitivos, heurísticos, que são advindas do cotidiano do indivíduo. Estratégias mais sofisticadas exigiriam então a superação ou o abandono destas formas simples de raciocínio:

Além disso, o raciocínio científico costuma requerer um contraste entre teorias ou modelos de um lado, e dados ou fatos de outro, de forma a produzir um ajuste progressivo do conhecimento teórico aos dados disponíveis. O contraste entre teorias e dados requer não somente quantificações (por exemplo, raciocínio probabilístico) mas também formas de *raciocínio lógico*, que tampouco são intuitivas (p.40)

Compreender o problema

- _ Qual é a incógnita? Quais são os dados?
- _ Qual é a condição? A condição é suficiente para determinar a incógnita? É suficiente? Redundante? Contraditória?

Conceber um plano

- _ Já encontrou um problema semelhante? Ou já ouviu o mesmo problema proposto de maneira um pouco diferente?
- _ Conhece um problema relacionado com este? Conhece algum teorema que possa lhe ser útil? Olhe a incógnita com atenção e tente lembrar um problema que lhe seja familiar ou que tenha a mesma incógnita, ou uma incógnita similar.
- _ Este é um problema relacionado com o seu e que já foi resolvido. Você poderia utilizá-lo? Poderia usar o seu resultado? Poderia empregar o seu método? Considera que seria necessário introduzir algum elemento auxiliar para poder utilizá-lo?
- _ Poderia enunciar o problema de outra forma? Poderia apresentá-lo de forma diferente novamente? Refira-se às definições.
- _ Se não pode resolver o problema proposto, tente resolver primeiro algum problema semelhante. Poderia imaginar um problema análogo um pouco mais acessível? Um problema mais geral? Um problema mais específico? Pode resolver uma parte do problema? Considere somente uma parte da condição; descarte a outra parte. Em que medida a incógnita fica agora determinada? De que forma pode variar? Você pode deduzir dos dados algum elemento útil? Pode pensar em outros dados apropriados para determinar a incógnita? Pode mudar a incógnita? Pode mudar a incógnita ou os dados, ambos, se necessário, de tal forma que a nova incógnita e os novos dados estejam mais próximos entre si?
- _ Empregou todos os dados? Empregou toda a condição? Considerou todas as noções essenciais concernentes ao problema?

Execução do problema

- _ Ao executar o seu plano de resolução, comprove cada um dos passos.
- _ Pode ver claramente que o passo é correto? Pode demonstrá-lo?

Visão retrospectiva

- _ Pode verificar o resultado? Pode verificar o raciocínio?
- _ Pode obter o resultado de forma diferente? Pode vê-lo com apenas uma olhada? Você poder empregar o resultado ou o método em algum outro problema?

Quadro 3 Passos necessários para resolver um problema.

Fonte: Polya (apud POZO, 1998, p. 23)

Pozo chama a atenção para a definição e o tratamento das situações problema dentro das ciências da natureza já que para o aluno, uma questão deste tipo nem sempre trata de um problema prático, de seu dia-a-dia, o que leva o autor a admitir que “os problemas cotidianos terminam onde começa o problema científico” (POZO, 1998, p.69).

Deste ponto de vista o autor define três categorias:

- Problema escolar
- Problema científico
- Problema cotidiano

Tratando dos problemas científicos Pozo remete a um importante traço do desenvolvimento científico que o caracteriza, a forma como ele resolve problemas, o método científico, alertando para a forma idealizada pela qual o mesmo é visto e coloca um aspecto sobre este:

[...] também é próprio e característico da ciência a forma como esse método é usado para resolver problemas. A ciência projeta ou elabora seus próprios problemas. Em outras palavras, o método científico não é somente uma forma de resolver problemas, mas também de propo-los (POZO, 1998, p.72).

Assim Pozo defende a perspectiva relativa à discussão do método científico em sala de aula de sua análise, mas admite que esta discussão nem sempre é efetiva já que o contexto de sala de aula muito difere do contexto científico, essencialmente em seus problemas. O autor revela ainda, uma preocupação com o aspecto filosófico desta discussão admitindo que as perspectivas filosóficas demonstram as limitações e a auto-estruturação que o método admite além de outros elementos que não apenas técnicos. Desta forma:

Geralmente tende-se a enfatizar que a observação, a experimentação e a interpretação dos dados estão desde o primeiro momento carregadas de teoria e que o “método científico” não é um procedimento formal suficiente para a solução de qualquer problema (POZO, 1998, p.73).

Aqui o autor encontra um link para criticar a postura comum de abordagem do método científico o que leva a uma visão fechada do método em si mesmo, visão vulgarizada que reduz o método a mera atividade de laboratório, o que deixa nos alunos a impressão de que usar o método científico é aplicar uma mera seqüência de passos. Esta postura acaba por carregar a experimentação de um dever de “demonstrar” uma teoria ou postulado.

Para Pozo, o objetivo da resolução de problemas no âmbito das Ciências Naturais tem outra função:

[...] tem por finalidade não tanto a obtenção de sucesso como a compreensão das razões de sua ocorrência. Não basta alcançar um resultado prático, é preciso atribuir-lhe significado teórico para que ele possa ser generalizado como um princípio aplicável a novas situações (POZO, 1998, p.75).

A metodologia investigativa é uma dentre as diferentes abordagens propostas a partir dos estudos em Ensino de Ciências. Pode-se perceber em sua estruturação uma semelhança com o Método Científico, essencialmente quando observamos o modelo de Dewey (ZULIANI, 2006). Numa atividade investigativa encontram-se: o desenvolvimento de

experiências partindo de situações problema, a delimitação do problema e a construção de hipóteses, a coleta de dados ou a realização de experimentos, a reelaboração das hipóteses e consequentemente a aplicação e comprovação das idéias elaboradas (ZULIANI, 2006).

Dewey considera ainda que o professor deve adotar uma atitude investigativa e científica, permitindo um trabalho aberto e o questionamento de suas próprias idéias.

Segundo Zuliani (2006, p. 44):

Além disso, há necessidade que a proposta encaminhe os alunos à busca de novas informações. O aprendiz deve ser capaz de interpretar não somente estas informações, mas os resultados obtidos durante o trabalho, experimentando a confirmação ou rejeição de hipóteses, o replanejamento experimental e a formulação de novos problemas.

Dentro desta proposta (ZULIANI, 2006), os dois últimos passos (replanejamento experimental e a formulação de novos problemas) são importantes na reflexão dos alunos quanto à prática, o que elucida não só os conceitos envolvidos, mas também o processo em si. Segundo Zuliani (2006, p. 46) “com isto, os estudantes estarão aptos a perceber que tanto a ciência como sua aprendizagem não se faz com um conjunto de regras e leis aplicáveis a qualquer situação”.

Considerando todo o contexto insurgido acima, acredita-se que se deva buscar uma atividade que seja capaz de captar os obstáculos epistemológicos ao tratar essencialmente da epistemologia de um problema. Os obstáculos encontram-se não só em elementos pertinentes à matemática, mas sim no colapso da estabilidade do método científico e na discussão filosófica relativa à natureza da teoria, epistêmica, ontológica ou puramente probabilística.

Segundo Matthews (1995):

A tarefa da pedagogia é, então, a de produzir uma história simplificada que lance uma luz sobre a matéria, mas que não seja uma mera caricatura do processo histórico. A simplificação deve levar em consideração a faixa etária dos alunos e todo o currículo a ser desenvolvido. História e ciência podem tornar-se mais e mais complexas à medida que assim o exija a situação educacional. Lida-se melhor com o problema das distorções grosseiras quando se apresenta a HFS de forma mais adequada nos treinamentos de futuros profissionais e de profissionais já atuantes: as boas intenções levam às distorções. O problema hermenêutico de interpretação na história da ciência, longe de dificultar ou impedir o uso da história, pode tornar-se uma boa ocasião para que os alunos sejam apresentados a importantes questões de como lemos textos e interpretamos os fatos, isto é, ao complexo problema do significado: a partir de seu dia a dia, os alunos sabem que as pessoas vêem as coisas de formas diferentes; portanto, a história da ciência constitui-se num veículo natural para se demonstrar como esta subjetividade afeta a própria ciência. (p. 177)

Deste ponto de vista procurou-se então uma atividade capaz de agregar elementos capazes de contribuir com a elaboração de uma cultura pertinente a este impasse filosófico bem como permitir a construção de uma linguagem própria para a discussão do problema.

Com relação à visão mecanicista de Ciência do senso comum e a toda visão determinista imposta pelo espírito pré-científico, Bachelard chama a atenção para as imagens concebidas pelo novo espírito científico e admite uma “pedagogia do não” para o processo de discussão dos problemas concernentes à Mecânica Quântica e ao dualismo partícula-onda:

À ação pedagógica positiva que consiste em acentuar toda as lições fornecidas pelos fenômenos ondulatórios seria preciso associar, acreditamos, uma espécie de educação negativa que consistiria em arruinar o realismo ingênuo formado na contemplação do movimento dos projeteis. (p86)

Espera-se contemplar a conjunção de um problema que envolva tanto uma perspectiva histórica e filosófica, como também um princípio de negação das concepções usuais como proferido por Bachelard.

Terrazzan (1994) chama a atenção para um aspecto com o qual se concorda aqui e que foi parte integrante na busca pela atividade integradora:

Há que se transcender, portanto, a constatação óbvia de que são poucas as oportunidades em laboratórios didáticos para tratamento experimental de conteúdos de física moderna. O laboratório, não apenas no ensino de física moderna mas sobretudo neste domínio, deve se despir das formalizações excessivas e recorrer a outras fórmulas. (p.180)

A proposta se constituiu então na construção de um aparato a “atividade pedagógico do não” constituído de três caixas de madeira, contendo em seu interior diferentes sistemas. Uma das caixas contém em seu interior uma esfera que preenche todo o interior da caixa, de forma que quando agitada nenhuma resposta se obtenha com relação ao conteúdo da caixa. Uma segunda caixa contém em seu interior uma pequena esfera que deve permanecer livre no interior do sistema. No terceiro sistema temos uma esfera suspensa presa às laterais da caixa por “molas”, de tal forma que quando agitada levemente sinta-se uma vibração, e quando movida num pulso na direção ortogonal “às molas” a esfera possa se chocar com as extremidades da caixa, provocando som. As figuras a seguir ilustram os sistemas propostos:



Figura 4 Atividade Pedagógica do Não

A questão pertinente à atividade é a discussão das noções de ontologia e epistemologia, as limitações do Método Científico, que parece, ao senso comum, rígido, certo e necessariamente empirista.

Solicita-se então que os alunos se organizem em grupos, como geralmente fazem nas bancadas em suas aulas experimentais. A atividade proposta é que os alunos descrevam uma metodologia para a Ciência e que utilizando-a resolvam para os sistemas construídos, quando estas se encontram em superfície plana paralela ao solo e em repouso, a seguinte pergunta:

“No interior das caixas existem esferas. Qual a posição inicial exata das esferas contidas nas caixas?”



Figura 5 Interior das caixas

Admite-se as possíveis discussões para cada um dos casos:

No primeiro sistema temos uma ontologia que não permite que a experimentação traga dados sobre o questionamento inicial. O problema só pode ser resolvido através de um modelo mental (o que posteriormente será verificado para as demais caixas também) e da apropriação deste como pressuposto apriorístico, como um postulado. Aqui, pode-se traçar um paralelo com a interpretação ontológica do Princípio de Incerteza, ou mesmo da Mecânica Quântica e do posicionamento de Niels Bohr. Ou seja: seria a natureza do conteúdo da caixa incerto?

Já no segundo sistema, a experimentação destrói justamente a informação de interesse. Qualquer movimento executado para descobrir a posição da esfera muda seu momento e sua posição, indefinindo-a inicialmente. A questão colocada neste exercício é de natureza semelhante à proposta pela interpretação epistemológica do Princípio de Incerteza, ou seja, a ação do sujeito é indissociável do experimento (também abarcada pela terceira caixa, e pelo princípio de complementaridade). A solução encontra-se na probabilidade, já que, considerando-se certa ontologia (Física Clássica de partículas) há, de acordo com a situação, “estados”, posições, com maior probabilidade de ocorrência: a base da caixa. Contudo, com probabilidades iguais para todos os pontos já que, não há pontos em que seja mais provável que a esfera se encontre se todos os pontos estão no mesmo plano, e a única força que atua sobre a caixa é a gravidade.

A terceira caixa aponta para um viés diferente: as formas de atuação experimental num sistema trazem respostas distintas. Como priorizar as informações e construir um modelo num caso destes?

Aqui se verifica uma possível alusão ao problema de medida e ao princípio de complementaridade. Ou seja, que caminho deve-se seguir para se determinar a informação requerida, se o modo de atuação sobre o sistema altera as propriedades do mesmo?

Tratando-se de uma atividade experimental e admitindo que na estrutura dos cursos é comum a concepção de relatórios para os experimentos propostos, foi escolhido como terceiro instrumento de coleta de dados os relatórios concebidos pelos alunos organizados em grupos para a atividade proposta objetivando-se as impressões finais e as conclusões dos mesmos para a atividade.

Os grupos encontram-se identificados em formato semelhante ao já citado, (GQn para Química e GFn para Física) e seus integrantes encontram-se explicitados na análises ideográficas dos relatórios.

A presente “experiência” foi então levada aos alunos, pelo próprio pesquisador (PP) num formato de pesquisa participante. As aulas em questão foram filmadas desenvolvendo-se da seguinte forma:

Primeiramente os alunos foram questionados com relação as aulas experimentais dentro do currículo dos cursos, essencialmente a necessidade das aulas, sua arquitetura com as aulas teóricas e possíveis problemas enxergados pelos alunos com relação á esta arquitetura.

Partindo destas impressões, questionou-se então em relação ao corpo teórico da Mecânica Quântica, a posição dos alunos com relação à experimentação no mundo microfísico e a necessidade do formalismo matemático, sua natureza.

Para incitar outras impressões e prosseguir em tal discussão, foi introduzido um texto (apêndice A) o qual foi lido por um dos alunos, e então é dada ênfase no aspecto histórico da Teoria Quântica dentro da discussão. É importante ressaltar a postura do investigador dentro de tal discussão que deve ser neutra e permitir que os sujeitos de pesquisa se expressem, já que tendo em vista a postura fenomenológica está-se a procura da impressão primeira.

O fim da discussão leva às questões propostas, colocadas aos alunos uma a uma em forma de fichas.

Finalizado o processo de solucionamento das questões algumas das respostas às questões relativas ao Método Científico foram escolhidas e colocadas aos alunos, em cada uma das situações distintamente, para que os mesmos propusessem então de forma consensual uma estrutura para o Método Científico.

Após a definição de tal estrutura a atividade proposta é colocada aos alunos para que os mesmos utilizem a estrutura proposta para resolver a questão pertinente. Os alunos se organizaram em 3 grupos formados por eles mesmos por questão de afinidade e um conjunto de caixas foi dado a cada um dos alunos para que os mesmos pudessem interagir com o aparato experimental.

Após algum tempo de interação com a atividade iniciou-se uma discussão acerca dos obstáculos enfrentados por cada grupo e suas impressões referentes à atividade, sempre em busca de um confronto entre a estrutura do Método proposta e os resultados obtidos quando da sua aplicação na atividade em questão.

Ao final das aulas foi solicitado aos grupos formados entre os alunos que concebessem um relatório, nos moldes dos demais produzidos em sua história dentro da Universidade, o terceiro instrumento de coleta de dados desta pesquisa.

Como apoio para a análise dos dados foram escolhidas então a fenomenologia, suas análises Ideográfica e Nomotética, e a teoria epistemológica de Gaston Bachelard e suas noções de Perfil Epistemológico e Obstáculo Epistemológico.

4.5 - O referencial de análise: O Pluralismo Filosófico do Conhecimento Científico: Bachelard e o Espírito Científico.

Tendo em vista o problema epistemológico acima discutido analisa-se aqui nesta sessão a importância do pensamento epistemológico de Gaston Bachelard e sua adoção como ferramenta para o entendimento do ideário encontrado a partir da fenomenologia. A pertinência de seu pensamento se dá tendo em vista Bachelard ser contemporâneo do desenvolvimento das teorias científicas modernas, o que nos leva a certos cuidados com sua leitura que apresenta uma postura extremamente encantada com a novidade científica da Teoria Quântica e da relatividade, sobretudo com relação às novas formas de pensamento advindas dessas teorias. Esta postura, no entanto não impede de observar que ainda tem-se uma Ciência um tanto quanto positivista e delineada por uma forma de pensar que impede a compreensão da novidade dessas teorias. Neste sentido temos como objetivo apresentar os elementos primordiais para a análise da Ciência moderna segundo Bachelard e que estruturam seu modelo de Conhecimento Científico.

Bachelard auxiliará aqui a identificar e compreender o ideário dos licenciandos ou as “estruturas de pensamento” e os “obstáculos epistemológicos” coletados através de existentes no que se denominará a seguir de “Atividade Pedagógica do Não”.

Em a Formação do Espírito Científico, Bachelard faz uma análise da Ciência do século XVIII, de suas principais contribuições e especialmente das formas de pensamento dominantes. Ainda que se tenha caracterizado anteriormente neste texto, a Ciência deste período como uma Ciência calcada na matematização e determinista por consequência, Bachelard mostra um segundo plano deste período, ou seja, esta mesma Ciência sofreria com a falta de pragmatismo metodológico além de uma declinação para o mágico fenomenista, o que acarretaria uma Ciência limitada a um empirismo ingênuo.

Dentro desta estrutura Bachelard reconhece elementos recorrentes na postura dos cientistas e na estruturação de suas teorias, erros que levariam à Ciência tal qual ele define e que seriam objetos a serem transpostos para a constituição de uma verdadeira ciência, os Obstáculos Epistemológicos.

Entre os Obstáculos, Bachelard reconhece: a experiência primeira, o conhecimento geral, o obstáculo verbal, a extensão abusiva das imagens usuais, o conhecimento unitário e pragmático, o obstáculo substancialista, o obstáculo animista, o mito da digestão, a libido, e o que ele definirá como os obstáculos do conhecimento quantitativo.

Para Bachelard (1996, p.11):

Em sua formação individual, o espírito científico passaria necessariamente pelos três estados seguintes, muito mais exatos e específicos que as formas propostas por Comte:

1o- O estado concreto, em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apóia numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade.

2o O estado concreto-abstrato, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apóia numa filosofia da simplicidade. O espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se tanto mais seguro de sua abstração, quanto mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível.

3o O estado abstrato, em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe.

Bachelard chama a experiência primeira as noções advindas ora da Ciência impregnadas de elementos cotidianos e de uma ingenuidade que acaba por distorcer os conceitos. Remete às concepções espontâneas, que não se consideram erradas, mas inaceitáveis dentro do contexto científico.

A primeira experiência ou, para ser mais exato, a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica. De fato, essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural, fácil (BACHELARD, 1996, p. 25).

Como exemplo Bachelard cita as imagens e o encanto causados pelos fenômenos elétricos que teriam levado até mesmo Benjamin Franklin a executar um “jantar elétrico” em sua casa.

Seguido da experiência primeira o cientista do século XVII tomado pelo espírito pré-científico se vê a mercê da generalização. Neste obstáculo observa-se um conhecimento vago sendo generalizado como causa de diversos fenômenos, de forma a na realidade fugir ao pragmatismo científico.

A lei é tão clara, tão completa, tão fechada, que não se sente necessidade de estudar mais de perto o fenômeno da queda. Com a satisfação do pensamento generalizante, a experiência perdeu o estímulo (BACHELARD, 1996, p. 71)

A Ciência do século XVIII muitas vezes se encontra limitada em palavras, as quais encerram conceitos tão completos que extrapolam o sentido verbal sendo suficientes para a explicação. Bachelard demonstra a partir da palavra “esponja” esta característica da Ciência primitiva. No entanto, estas explicações limitam a busca por um conhecimento maior, quando muitas vezes ainda encerram conceitos errados. A idéia da palavra aqui, do verbal vai muito além da metáfora ou da analogia, pois detêm significado.

O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem (BACHELARD, 1996, p.101).

Se as palavras podem estar carregadas de significado sendo sumárias na explicação da Ciência no espírito pré-científico, há ainda uma busca pela substancialização, ou seja, a caracterização de certos fenômenos através de uma descrição substancialista, apropriando a abstração de elementos materiais.

É fácil perceber que as qualidades substanciais são pensadas como qualidades íntimas. Da experiência, o alquimista recebe mais confidências do que ensinamentos.(BACHELARD, 1996, 126)

Basta encontrar uma *natureza particular*, uma *atividade substancial* para explicar todas as particularidades da experiência, e depois, de passo em passo, todos os preconceitos, todas as baleias, todas as loucuras da Sabedoria das Nações. (BACHELARD, 1996, 159)

O obstáculo animista demonstra a necessidade de adaptar o conhecimento sobre o abiótico aos sistemas biológicos.

Em suma, aos entraves quase normais que a objetividade encontra nas ciências puramente materiais, vem juntar-se uma intuição ofuscante que considera a vida como um dado claro e geral. (BACHELARD, 1996, p.185)

A exemplos disso temos interpretações que remetem ao brotamento e germinação de plantas ou até mesmo à coagulação. Tal obstáculo impede a construção de modelos explicativos próprios de uma interpretação abstrata da matéria. Segundo Bachelard:

É como obstáculos à objetividade da fenomenologia física que os conhecimentos biológicos devem chamar nossa atenção. Os fenômenos biológicos só nos interessarão, portanto, nos campos em que sua ciência falha, em que essa ciência, com maior ou menor garantia, vem responder a perguntas que não lhe são feitas (BACHELARD, 1996, p. 185).

Neste sentido encontram-se ainda no trabalho de Bachelard menções a construções científicas que se limitam à digestão assim como à libido, como se mesmo a mais abiótica

natureza se rendesse à impulsos de ordem sexual numa tentativa de explicá-la através da união de elementos de natureza sexual distinta.

Por fim Bachelard ainda atenta para as “pseudo-matematizações” realizadas neste período científico e o largo apego as generalizações advindas de dados tabelados.

Bachelard encontra em Bacon, seu método, e seus estudos relativos à Ciência do século XVIII, formas de pensamento intuitivas e que fogem a um formalismo rígido:

E ainda sob o aspecto polêmico que começaremos nossa exposição. A nosso ver, é preciso aceitar, para a epistemologia, o seguinte postulado: o objeto não pode ser designado como um "objetivo" imediato; em outros termos, a marcha para o objeto não é inicialmente objetiva. E preciso, pois, aceitar uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico. Achamos ter demonstrado, ao longo de nossas críticas, que as tendências normais do conhecimento sensível, cheias como estão de pragmatismo e de realismo imediatos, só determinam um falso ponto de partida, uma direção errônea. (1996, p.293)

Ele admite que a Ciência do século XIX é admitida como acabada, certa, determinista, organizada por uma razão universal “é essa ciência para filósofos que ainda ensinamos a nossos filhos. É a ciência experimental dos decretos ministeriais: pese, meça, conte; desconfie do abstrato, da regra; dirija a mente dos jovens para o concreto, para o fato” (BACHELARD, 2008, p.12).

Esta razão universal ainda é fruto da “experimentação acabada”, do empirismo unificado, presa ao real:

De fato, a unidade da experiência aparece sob um duplo ponto de vista: para os empiristas, a experiência é uniforme em sua essência porque tudo vem da sensação; para os idealistas, a experiência é uniforme porque é impermeável a razão (BACHELARD, 2008, p.11).

Encontraremos, então, em o Novo Espírito Científico e em A Filosofia do Não, o que Bachelard irá defender como Ciência. É importante ressaltar que o filósofo francês é um contemporâneo do desenvolvimento da Ciência Moderna, da teoria Mecânica Quântica, o que de forma justifica seu otimismo com relação às novas teorias e a relativa importância da leitura de seus textos, já que é um filósofo que discute diretamente a natureza do conhecimento no que tange as novas formas de pensamento existentes no século XX.

É dentro do contexto da Geometria Não-Euclidiana da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica que o filósofo irá construir o que ele denominará como “Filosofia do Não”, ou seja, uma ruptura com as formas tradicionais de pensamento no que se refere ao

substancialismo presente na Química, à Física Aristotélica e ao pensamento Aristotélico assim como ao modo Cartesiano de produção de conhecimento.

Desta forma, o que encontra é uma articulação entre realismo e racionalismo, de forma dialética, que baseada nas teorias científicas citadas, formam uma complementaridade:

Desde William James, tem-se repetido frequentemente que todo homem culto segue fatalmente uma metafísica. Parece-nos mais exato dizer que todo homem, sem seu esforço de cultura científica, apóia-se não sobre uma, mas antes sobre duas metafísicas e que estas duas metafísicas naturais e convincentes, implícitas e tenazes, são contraditórias. (BACHELARD, 2000, p.11)

As novas concepções matemáticas e a relação intrínseca entre a matemática e as novas teorias científicas chamam a atenção de Bachelard, e é nesta matemática que a dialética se encontra formalizada, já que ela possibilita uma metafísica intrincada e não mais dissociada do pensamento científico ou de seu modo de produção. Bachelard enxerga uma nova característica na matemática, ela é realizante:

Mas se não fazemos indevidamente abstração da psicologia do matemático, não tardamos em descobrir que há na atividade matemática mais do que uma organização formal de esquemas, e que toda idéia pura é acompanhada de uma aplicação psicológica, de um exemplo que representa o papel de realidade. (BACHELARD, 2000, p.13)

Aliás, os vínculos matemáticos não seguem de modo algum as ligações que poderiam aparecer na ligação primeira. Eles seguem a trilha de uma coordenação numênica, são objetos de um pensamento coordenado antes de ser objeto de uma verificação experimental. (BACHELARD, 2008, p.14)

Os desenvolvimentos dos modelos atômicos e da teoria Mecânica Quântica acatam uma observação calcada em fenômenos que não representam os elementos intrínsecos do corpo teórico. Encontra-se uma experimentação limitada e a necessidade de se explorar formas abstratas do pensamento abrindo campo para um racionalismo coerente:

Agora os objetos é que são representados por metáforas, e é sua organização que representa a realidade Ou seja, o que agora é hipotético é *nosso* fenômeno; porque nossa apreensão imediata do real só funciona como um dado confuso, provisório, convencional, e essa apreensão fenomenológica precisa ser arrolada e classificada (BACHELARD, 2008, p. 13).

A ciência contemporânea se funda sobre uma síntese primeira; realiza em sua base o complexo *geometria-mecânica-eletricidade*; expõe-se no espaço-tempo; multiplica seus corpos de postulados; coloca a clareza na combinação epistemológica, não na meditação separada dos objetos combinados (2000, p.127).

Em suma, esta nova perspectiva admitida pelo filósofo é fruto da inadequação das formas tradicionais de produção da Ciência, rompendo Bachelard, com o método cartesiano

admitindo que este já não mais especula sobre a natureza quando se trata então de uma relação racional entre o real e a matemática:

Muitas vezes o enunciado de uma limitação implica a condenação ao fracasso, pois o problema impossível já impõe um método de resolução falho (BACHELARD, 2008, p.70).

Filosoficamente, toda fronteira absoluta proposta à ciência é sinal de um problema mal formulado. Não se pode pensar de forma fecunda uma impossibilidade. Quando uma fronteira epistemológica parece nítida, é sinal que ela se outorga o direito de decidir sobre as intuições primeiras. Ora, as intuições primeiras são sempre intuições a retificar. Quando um método de pesquisa científica deixa de ser fecundo, é porque o ponto de partida é muito intuitivo, muito esquemático, porque a base de organização é muito estreita. O dever da filosofia científica parece então muito claro. É preciso corroer inteiramente as limitações iniciais, modificar o conhecimento científico. A filosofia deve, de certa forma, destruir sistematicamente os marcos que a filosofia tradicional havia imposto à ciência. De fato, o pensamento científico corre o risco de guardar vestígios das limitações filosóficas. Em suma, a filosofia científica deve ser essencialmente uma pedagogia científica. Para uma ciência nova, uma pedagogia nova (BACHELARD, 2008, p.75-76).

A Descartes, Bachelard atribui um pensamento formulado no conhecimento direto e absoluto de entidades objetivas, o que é descartado frente às relações de Incerteza presentes no formalismo da nova Ciência. “O método cartesiano é *reduutivo*, não é *indutivo*. Uma tal redução falseia a análise e entrava o desenvolvimento extensivo do pensamento objetivo” (p.123).

As novas formas de pensamento estão, para Bachelard, em uma nova estruturação dialética do conhecimento científico. Esta dialética só é reconhecível no “Novo Espírito Científico”, enquanto historicamente, seu olhar sobre o conhecimento verifica momentos epistêmicos caracterizados por eixos centrais de escolas filosóficas distintas. O caminho histórico de um conceito é marcado por rupturas (tal como a citada entre o pensamento cartesiano e a Ciência do século XX) entre estas escolas até encontrar tal dialética.

Em “A Filosofia do Não” o filósofo apresenta sua idéia de Perfil Epistemológico. O perfil retrataria as diversas concepções de um mesmo conceito embasadas por diferentes visões epistêmicas. Estas concepções coexistem e se apresentam em diferentes intensidades. Bachelard cria um esquema em que no eixo das abscissas encontram-se as perspectivas e no eixo das coordenadas estaria sua intensidade de recorrência.

Nesta perspectiva o conhecimento progrediria filosoficamente do animismo para o realismo, deste para o positivismo, para o racionalismo, então indo a um racionalismo completo chegando finalmente ao racionalismo dialético.

Mostraremos que a evolução filosófica de um conhecimento científico particular é um movimento que atravessa todas estas doutrinas na ordem indicada.(1991, p.19)

[...] teremos o direito de falar de um progresso filosófico os conceitos científicos.(1991, p.21)

Insistamos um pouco neste conceito de progresso *filosófico* [...] Mas o sentido da evolução filosófica dos conceitos científicos é tão claro que se torna necessário concluir que o conhecimento científico ordena a própria filosofia. O pensamento científico fornece pois um princípio para a classificação das filosofias e para o estudo do progresso da razão. (1991, p.21)

Para ilustrar esta perspectiva o filósofo usa o perfil epistemológico do conceito de massa. Em Bachelard o conceito de massa primeiramente é uma noção quantitativa grosseira em que o grande se confunde com o pesado. Ao passar para o realismo, o conceito de massa é empregado de forma cautelosamente empírica, a uma determinação objetiva. O termo massa remete ao uso da balança, não em sua forma mais estruturada, a partir de relações da Física da estática, das relações entre os momentos de forças, ou do equilíbrio, mas sim um uso mais do que simples do uso de uma máquina.

Somente em um estágio racional é que a mecânica opera sobre o conceito, passando a noção de massa a ser um conjunto de noções, de tal forma que se encontra na razão entre força e aceleração. Segundo Bachelard:

Uma matemática especial associa-se à experiência e racionaliza-s; a mecânica racional situa-se num valor apodictivo; permite deduções formais; abre-se sobre um campo de abstração indefinido; exprime-se nas mais diversas equações simbólicas. (1991, p.28)

Com a Relatividade, o filósofo francês, vislumbra um novo perfil, o racionalismo completo, no qual a massas tem perspectiva relativística agora. Ou seja, a massa encontra-se dentro das relações espaço-temporais.

Esta complicação interna da noção de massa é acompanhada de complicações sensíveis na utilização externa: a massa não se comporta da mesma maneira relativamente à aceleração tangencial e relativamente à aceleração normal. É pois impossível defini-la de uma forma tão simples como o fazia a dinâmica newtoniana. Ainda mais uma complicação nocional: na física relativística, a massa já não é heterogênea à energia. (1991, p.30)

O racionalismo encontra um estado dialético, e na noção de massa a mecânica de Dirac e a perspectiva da anti-matéria, da massa negativa completam a noção de massa para uma forma harmônica que segundo o filósofo seria inadmissível para as quatro filosofias anteriores.

Assim, Bachelard (1991, p.39) constitui seu perfil epistemológico para a noção de massa “Temos agora um escala polêmica suficiente para localizar os diversos debates da filosofia da ciência, para impedir a confusão dos argumentos”.

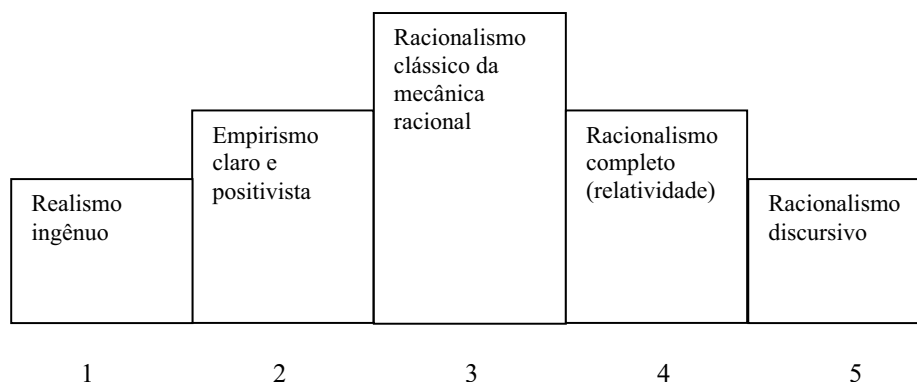


Figura 6 Perfil epistemológico da noção pessoal de massa

O perfil, no entanto, é uma noção particular de cada conceito, para um dado estado cultural e estes variam em suas definições para cada uma das filosofias admitidas. Outro ponto importante que merece ressaltar é então a pertinência de cada uma das filosofias dentro do pluralismo filosófico conceitual da Ciência, ou seja, o eixo das ordenadas que muitas vezes demonstra evoluções distintas para cada uma das noções, o que Bachelard demonstra a partir do perfil de energia que difere em relação ao de massa ainda que em um estado dialético, massa e energia sejam um só elemento. Ainda sim, o filósofo persiste na idéia de progresso filosófico dos conceitos, do conhecimento:

[...] nós gostaríamos de mostrar que o eixo das abscissas sobre o qual alinhamos as filosofias de base na análise dos perfis epistemológicos é um eixo verdadeiramente real, que não tem nada de arbitrário e que corresponde a um desenvolvimento regular dos conhecimentos. (1991, p.45)

Fora do âmbito filosófico o que se encontra é uma ruptura entre as diferentes noções de um mesmo conceito. Para tal, é preciso romper com os limites do pensamento em relação a uma concepção para se elevar a um novo status do conhecimento, em um esforço de novidade. Assim os conceitos têm suas bases alargadas incorporando uma nova lógica a qual posteriormente englobará a lógica anterior de tal forma que uma teoria é admitida como uma redução lógica de sua sucessora.

Não há, portanto, transição entre o sistema de Newton e o sistema de Einstein. Não se vai do primeiro ao segundo acumulando conhecimentos, redobrando os cuidados nas medidas, retificando ligeiramente os princípios. É preciso, ao contrário, um esforço de novidade total. Segue-se pois, uma indução transcendente e não uma indução amplificante, indo do pensamento clássico ao pensamento relativista. Naturalmente, após esta indução pode-se, por redução, obter a ciência newtoniana. A astronomia de Newton é, pois, finalmente um caso particular da pan-astronomia de Einstein. (BACHELARD, 2000, p.44)

A microfísica ou, por outras palavras, a não-física inclui ,pois, a física. A física clássica é uma não-física particular correspondente ao valor zero atribuído a h . (BACHELARD, 1991, p.129)

5 - A ANÁLISE NOMOTÉTICA DOS DADOS COLETADOS E A EPISTEMOLOGIA SUBJACENTE ÀS DESCRIÇÕES.

Inicia-se agora a Análise Nomotética dos dados obtidos. O objetivo da Análise Nomotética é encontrar pontos de convergência e divergência entre os dados. A Análise Ideográfica é de extrema importância, pois mapeia os dados e permite a construção de unidades de significado que guiarão o pesquisador dentro da Análise Nomotética.

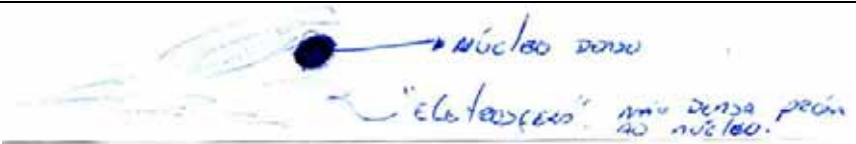
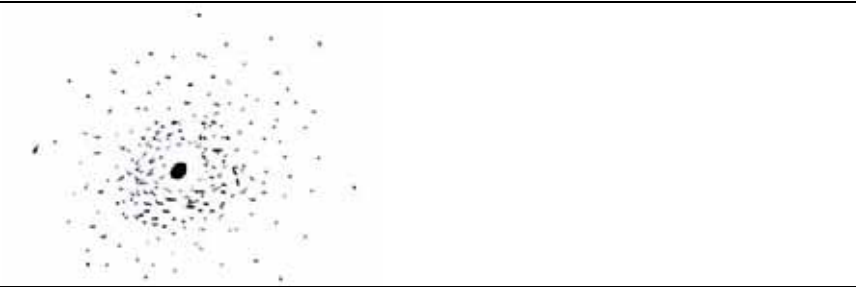
As Análises Ideográficas dos dados coletados encontram-se nos apêndices deste trabalho em virtude da quebra de fluxo de leitura que as mesmas provocariam se fossem incluídas no atual momento do corpo de texto aqui presente.

Dentro desta primeira análise ainda permite-se olhar estas convergências e divergências à luz da teoria de Gaston Bachelard, como já mencionado antes à procura de elementos como a caracterização de um perfil epistemológico, obstáculos epistemológicos, além dos pressupostos metafísicos admitidos por ele que fazem parte do Novo Espírito Científico e a dialética característica deste. Outros referenciais já citados também serão utilizados nesta análise.

Se admitirmos a existência de um perfil epistemológico, partido de uma recorrência histórica tal que se coloque então dentro deste os parâmetros, no eixo das abscissas, referentes aos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e um modelo dialético constituído pelas contribuições de Heisenberg, Schroedinger e Dirac, encontra-se nas repostas às questões propostas referências aos três últimos níveis epistêmicos, especialmente em relação à primeira pergunta realizada, tendo como foco os modelos atômicos.

Ao analisar os desenhos propostos relativos aos modelos atômicos os alunos da licenciatura em Física não esboçaram desenhos de um terceiro modelo com o qual concordassem, diferentemente dos alunos do curso de licenciatura em Química que propuseram diferentes desenhos (quadro 4) em geral, em busca de uma forma pictórica capaz de revelar dispersão na eletrosfera.

A inexistência de desenhos entre os físicos para se referir a um modelo que se adapte melhor ao seu esquema conceitual vai ao encontro da análise realizada por Greca e Santos (2005), que revelam que o aspecto pictórico é recorrente na Química enquanto na Física o aspecto matemático é determinante enquanto Ciências.

AQ1	 Hand-drawn atomic model. A central black dot is labeled "núcleo denso" with an arrow. Surrounding it are several small circles, some labeled "elétrons" and "muito densa perto do núcleo".
AQ9	 Hand-drawn atomic model. A central black dot is surrounded by a dense cloud of small dots, representing electrons.
AQ16	 Hand-drawn atomic model. A central black dot is surrounded by a cloud of small dots, representing electrons.
AQ19	 Hand-drawn atomic model. A central black dot is surrounded by a cloud of small dots, representing electrons. A circled number "3" is written above the model.
AQ23	 Hand-drawn atomic model. A central black dot is surrounded by a dense cloud of small dots, representing electrons.

Quadro 4 Representações pictóricas de licenciandos em Química para o modelo atômico

Alguns alunos dos dois cursos avaliam os desenhos através de uma “situação de sala de aula”, abordando tais esquemas através de um parâmetro de nível de complexidade. O que se pode verificar nas falas de AF11, AQ4 e AQ7:

AF11: Este adequado é bastante relativo, sobre o ponto de vista do que é ensinado no ensino médio fica-se o primeiro modelo como “adequado” onde encontro o núcleo com a “massa” nêutrons e prótons e ao redor “girando” temos os elétrons.

Já em níveis quânticos falamos de átomos como energia, não podendo mais falar que o modelo atômico é assim. Pra mim depende com quem você trabalhar e o que quer mostrar.

AQ4: “Ambos são modelos atômicos teóricos construídos com o intuito de se estudar o átomo e seu comportamento. Outros modelos teóricos foram propostos para se explicar fenômenos químicos. Acredito que a escolha do modelo atômico dependerá daquilo que se

quer explicar e para quem o conteúdo quer ser passado. Por exemplo, para se tratar classificação periódica para alunos do primeiro ano o segundo seria de fácil compreensão, porém se queremos aprofundar mais o assunto devemos recorrer a outros modelos. Dependerá muito da situação, para a graduação em química e física ou qualquer outro curso acredito que o modelo quântico deve ser utilizado, pois os ouvintes já possuem capacidade de absorver e compreender, já que esse modelo é um pouco abstrato”

AQ7: “Se trata de modelos para exemplificação de átomo. Os dois são similares, um em 3 dimensões e outro em 2 dimensões. Para explicação inicial do conceito de átomo, em sala de aula, pode ser utilizado, porém, deve-se evoluir até o conceito atual, representando os orbitais, e tentando fazer com que o aluno “enxergue” a fim de se entender o modelo atual.”

Outro ponto de convergência encontrado é a análise dos modelos frente à dualidade onda-partícula, expressando os alunos que os desenhos em questão denotam apenas uma natureza corpuscular para o elétron, ou em que se admite uma estruturação matemática para o modelo (a equação de Schroedinger).

Verificam-se ainda argumentações referentes às formas das órbitas, em que o primeiro desenho teria uma órbita mais consistente que o segundo, mas que o segundo admitiria níveis de energia, fato inexistente no primeiro desenho, o que revela os ideais persistentes de níveis epistemológicos distintos como sugerido:

Órbita > Rutherford

Níveis Energéticos > Bohr

Dualidade/Dispersão > Heisenberg/Schroedinger/Dirac

Ao se observar os desenhos representativos das ligações químicas realizados pelos licenciandos dos dois cursos encontra-se concordância na utilização de recursos que remetem à representação de Lewis, ou ainda à utilização de símbolos dos elementos com representações de unidades eletrônicas (“x” ou ponto), como visto no quadro 5.

Encontram-se, nos licenciandos em Química, representações que fogem aos modelos tradicionais expostos acima. A recorrência na Física se dá em menor número. Os desenhos dos licenciandos são apresentados no quadro 6:

AQ2			AF2
AQ3			AF3
AQ8			AF6
AQ12			AF9
AQ13			AF10

Quadro 5 Representações pictóricas dos licenciandos para a Ligação Covalente, modelos tradicionais

AQ1			AF1
AQ4			
AQ5			
AQ9			AF14
AQ16			

Quadro 6 Representações pictóricas dos licenciandos para a Ligação Covalente, modelos não tradicionais

Os elementos textuais utilizados para as explicações dos desenhos também transparecem uma simetria entre as concepções dos alunos dos dois cursos e são apresentadas no quadro 7.

Química	Física
• “compartilhamento de elétrons” • “compartilhamento de nuvens eletrônicas” • “poder polarizante”, • “estabilidade” • “camada de valência” • “aproximação” • “sem uma localização exata”, • “eletronegatividade”	• “compartilhamento de elétrons” • “superposição de orbitais” • “diagrama de Lewis” • “ligação molecular” • “estabilidade” • “formação de substância” • “completar orbitais atômicos” • “camada de valência” • “gases nobres”

Quadro 7 Elementos textuais dos licenciandos para a descrição da Ligação Covalente

Os dados citados vêm ratificar a coexistência de níveis epistemológicos reforçando a idéia de perfil epistemológico, já que ainda que se tenha afirmado na questão anterior a necessidade de elementos tais como dispersão eletrônica, os alunos recorrem à modelos um tanto quando simples para a representação da ligação covalente. Verifica-se ainda que, o que Bachelard colocaria como nível mais elevado no que se refere à ligação química, ou seja, A Teoria dos Orbitais Moleculares, onde se encontra uma dialética entre os fenômenos e o formalismo matemático, não foi encontrado entre as respostas dos alunos dos dois cursos.

Vale ainda observar que Fernandez e Marcondes (2006) concluem, após uma análise da literatura, que se pode agrupar as concepções dos alunos sobre ligações químicas nas seguintes categorias:

- a) confusão entre ligação iônica e covalente;*
- b) antropomorfismos;*
- c) regra do octeto;*
- d) geometria das moléculas e polaridade;*
- e) energia nas ligações químicas*
- f) representação das ligações. (p.20)*

Ou seja, além da confusão entre os tipos de ligação química existentes para o quadro teórico, aspectos antropomórficos são apresentados pelas autoras, assim como referências às ligações químicas se absterem a formalização da regra do octeto ou ainda a estarem de acordo com princípios geométricos como causa das ligações. Os alunos ainda colocam que as ligações podem ser interpretadas como molas que ao serem rompidas liberam energia, e que

muitas das representações que os alunos concebem são na verdade reflexo de representações advindas de livros didáticos.

Muitas são as distorções nas concepções dos alunos acerca das ligações químicas. O conceito de compartilhamento não é claro, de forma que muitos acreditam que os elétrons estejam compartilhados igualmente, e que não existem regras governando o processo, o que desestrutura o conceito de eletronegatividade. O conceito de compartilhamento mistura-se à definição de compartilhar comum no cotidiano formando diversas concepções alternativas. As ligações iônicas estariam intimamente ligadas à valência e compreenderiam somente os átomos doadores e receptores de elétrons - certo átomo de sódio estaria ligado a um certo átomo de cloro - de forma que no conceito de coordenação, utilizado em uma estrutura cristalina um átomo de sódio, por exemplo, estaria ligado apenas a um átomo de cloro, sofrendo atrações dos demais átomos. (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006)

As ligações químicas basear-se-iam unicamente na teoria do octeto, e sua importância estaria no preenchimento de uma camada, as quais parecem proteger os elétrons, como conchas, enquanto em uma nuvem eletrônica, os elétrons estariam embebidos por esta.

Segundo Fernandez e Marcondes (2006):

Um outro problema que deve ser considerado é que, tanto nos textos como em sala de aula, os átomos e as moléculas são representados de muitas maneiras: como círculos, bolas, núcleo e camadas, bolas separadas ou juntas etc. Os autores desses textos e os professores provavelmente supõem que os alunos compreendem facilmente o que isso significa (diferentes modelos com diferentes propósitos). (p.23)

O não colapso do modelo atômico de Rutherford é explicado pelos alunos dos dois cursos através de duas justificativas, a estruturação da eletrosfera em níveis de energia, em muitos casos da Licenciatura em Física baseada no modelo de Bohr, enquanto os licenciandos da Química admitem apenas a existência de níveis de energia. O segundo argumento encontrado, e que denota concordância entre os dois cursos, é a existência de compensação de forças, quer seja por efeito eletrodinâmico, repulsão de cargas, quer seja a existência de uma força compensatória (centrífuga) advinda do movimento em alta velocidade do elétron, ou simplesmente o “movimento em alta velocidade”. É então construído um mecanismo físico que confere coerência para a manutenção do modelo planetário de átomo, baseado na caracterização do elétron como partícula cuja velocidade é extremamente alta.

Quando questionados em relação à necessidade de uma interpretação probabilística da função de onda, mencionada a partir do quadrado da função de onda, os licenciandos em

Química reduzem, em muitas das respostas, o problema à definição dada por Max Born ao quadrado da função de onda, o que não revela as impressões referentes ao questionamento central.

AQ2: A importância de Ψ^2 na interpretação da estrutura atômica é que ele indica a probabilidade de se encontrar o elétron no espaço.

AQ10: Pela teoria o Ψ^2 é a probabilidade de encontrar o elétron no espaço, mas como seleção a interpretação de sua importância não sei dizer.

AQ11: A importância do Ψ^2 é a probabilidade de encontrar o elétron no espaço. Não sei por que precisamos de tal interpretação

AQ14: Porque Ψ é a probabilidade de encontrar a posição do elétron.

Os alunos da Química ainda definem tal problema como restrito ao formalismo matemático da Mecânica Quântica, ou mesmo como requisito para a interpretação da estrutura atômica, como a descrição de orbitais ou ainda de ligações químicas, sem ligação com qualquer fundamento filosófico da Teoria Quântica.

Os licenciandos em Física descrevem uma estrutura semelhante, mas em suas respostas o quadrado da função de onda é tido como um ajuste matemático necessário ao formalismo quântico.

AF2: Como Ψ representa um componente complexo (i), logo ela não representa uma quantidade física, Max Born interpretou Ψ^2 como sendo a densidade de probabilidade (probabilidade de encontrar uma partícula no espaço).

AF5: Max Born introduziu a interpretação probabilística, visto que a solução da equação de Schroedinger por si só não traz grandes informações. Esta interpretação é fundamental, pois as partículas sempre se apresentam num dos Estados previstos pelo medulo ao quadrado da função de onda. Precisamos dela pra prever os possíveis estados de um sistema.

AF15: Ψ é uma equação de onda complexa e não possui sentido físico, já Ψ^2 é a densidade de probabilidade de se encontrar a partícula em algum lugar.

AF19: A importância de Ψ^2 está no fato – e função de onda Ψ é uma função imaginária, assim não seria possível obter nenhuma grandeza física. Assim o quadrado da função de onda seria um mínimo real, o qual poderia fornecer informações sobre sua partícula

Ainda se encontram respostas que em que tal interpretação reflete o dualismo onda-partícula dos entes quânticos ou somente a perspectiva ondulatória. Em semelhança aos alunos do curso de Licenciatura em Química, encontram-se falas que remetem à uma redução conceitual, ou seja, “a probabilidade de se encontrar um elétron em uma dada região do

espaço”, deixando de expor o seu ideário com relação ao problema filosófico que abarca a concepção probabilística da Mecânica Quântica, o qual se encontra conjugado ao Princípio de Incerteza de Heisenberg, e à concepção de Estado, como mostrado anteriormente. Ou seja, qual a necessidade do quadrado da função de onda? Seria necessário pelas limitações epistemológicas ou pelas limitações ontológicas? É um ajuste matemático?

Aqui, mais uma vez, revela-se então o aspecto observado por Greca e Santos (2005) referente às características da Química e da Física. As impressões colocadas pelos Químicos colocam tal interpretação como meio de obter modelos pictóricos coerentes para as ligações químicas ou mesmo para as formas dos orbitais. Para os Físicos, são mais ligados ao aspecto matemático e conforme Greca e Santos (2005) tal interpretação é necessária para uma coerência matemática da Teoria Quântica.

Bachelard auxilia aqui ainda a verificar um problema que posteriormente se verificará nas falas dos alunos durante a atividade proposta. A interpretação probabilística da função de onda torna-se um obstáculo epistemológico de dupla natureza, generalizador e verbal, já que parecerá se tornar um “trunfo” para os assuntos tratados na Mecânica Quântica.

Ao observar as respostas encontradas para o problema epistêmico do estado termodinâmico conhecido como Zero Absoluto, as descrições dos licenciandos dos dois cursos inviabilizam tal temperatura, e que o estado descrito colapsaria a matéria. Enquanto para os licenciandos em física uma energia residual limitaria a ausência de movimento molecular, para os alunos da licenciatura em química tal estado, 0K sem energia, não permite medidas, ou ainda uma medida promoveria entrada de energia do sistema, o que desestruturaria tal estado:

AQ9: Na minha opinião, ainda que se conseguisse chegar no zero Kelvin, ainda assim não seria possível de se determinar posição e velocidade do elétron, por exemplo, pois para isso ocorreria emissão de energia gerando uma excitação e conseqüentemente isto faria com que a matéria saísse do seu estado estacionado.

Nos dois cursos são encontradas respostas em que a determinação efetiva de todas as variáveis questionadas no estado em que a temperatura é 0K é possível:

AF7: No zero absoluto o movimento molecular deixaria de existir, sendo assim a posição e a velocidade de um elétron, por exemplo, não mudaria, seria constante e no caso da velocidade é igual a zero.

AQ19: No estado absoluto todo o movimento molecular cessaria, e com isso a velocidade seria nula, não tendo energia cinética nem termodinâmica.

Tal posicionamento desconsidera problemas de qualquer ordem, quer seja epistêmico quer seja ontológico, já que tal temperatura ainda não fora alcançada experimentalmente por limitações das técnicas envolvidas (versão epistemológica) ao mesmo em que justifica-se que a matéria colapsaria com a retirada de tal gama de energia de sua estrutura (versão ontológica). Deste ponto de vista parece que os problemas em questão não existem para a os alunos citados e que toda informação sobre a natureza poderia ser obtida em tal estado.

Ao mesmo tempo, alunos da licenciatura em Química admitem em algumas falas, que mesmo que tal temperatura fosse atingida as duas variáveis não poderiam ser determinadas. Tal posição é defendida por alguns licenciandos em Física, e encontra-se explicitamente uma justificativa de tal limitação a partir do Princípio de Incerteza de Heisenberg.

AF1: Ao zero absoluto, todo movimento molecular cessa, ou seja, velocidade nula (ou próximo disso). Pelo princípio da incerteza, se tivermos a velocidade bem definida, a posição fica totalmente indefinida.

AF4: Que viola o princípio de incerteza de Heisenberg, pois não se pode determinar as duas variáveis ao mesmo tempo.

Duas grandes categorias são concomitantes nos licenciandos em Física e Química quando se analisa as concepções acerca das limitações impostas pelo Princípio de Incerteza. Algumas respostas sugerem uma limitação imposta pelo processo de medida, enquanto a natureza quer seja dual, ou o aspecto ondulatório causa indeterminação nas propriedades questionadas.

Na licenciatura em Química ainda se encontram respostas nas quais há uma limitação imposta pelo caráter cinético do elétron assim como processos de retro-alimentação, em que o aluno afirma a própria equação como resposta para o questionamento proposto. Ou seja, um processo cíclico em que a pergunta se torna a própria resposta explícita o desconhecimento das causas do problema, que neste caso tem uma estrutura filosoficamente complexa, cerne de questões maiores e de impasses na comunidade científica.

Este caráter cinético do elétron, recorrente nas respostas para mais de uma pergunta se apresenta como um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1996) ao entendimento da estrutura atômica, quando esta, na microfísica advém da dualidade e suas conseqüências, concordando com a postura de Fischler e Lichtfeldt apresentada por Terrazzan (1994) que consideram os conceitos clássicos como entraves para o desenvolvimento dos conceitos quânticos.

Um segundo aspecto de importância é a coordenação entre as respostas para as questões referentes à temperatura Zero Kelvin e ao Princípio de Incerteza de Heisenberg.

Se um dualismo filosófico é admitido para o Princípio de Incerteza, como encontrado nos trabalhos de Heisenberg e Bachelard, então é possível observar o mesmo dualismo presente nas análises referentes ao estado termodinâmico citado, em que este revelaria uma limitação ontológica da matéria, ou uma limitação epistemológica.

Nas palavras de Bachelard (2000, p.12-13)

Qualquer que seja o ponto de partida da atividade científica, esta atividade não pode convencer plenamente senão deixando o domínio base: *se ela experimenta*, é preciso *raciocinar*; *se ela raciocina* é preciso *experimental*. Toda aplicação é transcendência. Na mais simples das diligências científicas, mostraremos que se pode colher uma dualidade, uma espécie de polarização epistemológica que tende a classificar a fenomenologia sob a dupla rubrica do pitoresco e compreensível, noutras palavras, sob a dupla etiqueta do realismo e racionalismo. Se soubéssemos, a propósito da psicologia do espírito científico, colocar-nos precisamente na fronteira do conhecimento científico, veríamos que é de uma verdadeira síntese das contradições metafísicas que se ocupa a ciência contemporânea.

Tal caracterização das respostas dos licenciandos é possível. No entanto, posturas dicotômicas são encontradas, ou seja, dado aluno é ontológico em uma questão e epistemológico na outra. Coerência filosófica também é encontrada nas respostas. Os exemplos no quadro abaixo sugerem tal análise.

Partindo Bachelard de pressupostos metafísicos dentro de seu Novo Espírito Científico, tal que a ontologia e a epistemologia encontram-se dialetizadas, é possível reconhecer os pressupostos nas respostas dos alunos de ambos os cursos. Contudo uma dialetização efetiva não aparece nas respostas dadas para os problemas propostos especificamente para os conceitos. Aqui, subentende-se um problema: segundo Bachelard, as visões ontológica e epistêmica encontraram-se antagônicas até os desenvolvimentos da Ciência Moderna. O caminho histórico sugerido para as concepções filosóficas do Método, percorrido neste trabalho em sessão anterior demonstram tal caráter. Em Bachelard, encontra-se então uma dialética entre estas formas que agora são complementares. Parece, no entanto, que o fluxo filosófico encontrado nas respostas dos alunos não contém tal dialetização, parece ingênuo, e filosoficamente analisado têm-se um contexto em que necessariamente não se pode ser ingênuo: ou epistemologia e ontologia estão dialetizadas de forma coesa tal como Bachelard pressupõe ou então são noções opostas.

Aluno	Pergunta 8		Pergunta 4	
	Ontológico	Epistêmico	Ontológico	Epistêmico
AQ1	A limitação se dá na capacidade de o elétron ser dual, e a matéria			Impossível se determinar qualquer valor para estas variáveis, pois não se chegou a esta temperatura e, portanto realizar algum tipo de cálculo.
AQ13	É limitado pela dualidade do elétron (que se comporta em momentos como partícula e outros como onda)			Os experimentos relacionados ao zero absoluto ocorrem através de uma extrapolação, pois é muito difícil atingir essa condição experimental, por isso acredito que o que foi falado na questão é uma teoria.
AQ20	Essa medida é limitada pelo comportamento dual do elétron, ora como partícula, ora como onda		Zero absoluto ou estado absoluto se teoricamente o movimento molecular cessaria não teríamos nem energia nem termodinâmica, e muito menos ligações químicas, o que desestabilizaria os átomos promovendo sua “desestruturação”.	
AF2	O que limita esta medida é o fato do elétron ser uma entidade quântica e quando há uma medição sobre uma entidade quântica a mesma sofre uma perturbação, quebrando o que chamando de coerência quântica. Esse mesmo problema também segue no par energia e tempo, esse fato não deve ser superado devido a natureza quântica das partículas.		Há uma velocidade muito pequena a nível atômico, portanto o movimento molecular não cessaria totalmente. Mesmo assim, considerando que o movimento molecular cessaria, haveria o colapso do átomo e conseqüentemente um colapso da matéria. Mesmo com uma velocidade nula, há uma energia de repouso representada por $E=mc^2$.	
AF8		Os métodos de medida limitam a precisão de encontrarmos a posição e a velocidade da partícula. Se melhorarmos os métodos de medida poderíamos, talvez superar esse problema.	Nessa situação a velocidade seria = 0 e o elétron seria atraído pelo núcleo, portanto, impossível, pois não haveria matéria.	
AF15		O princípio da Incerteza é um problema da própria medida, ele significa a interferência que a medição causa ao sistema, por exemplo, para enxergarmos um elétron, precisamos atingi-lo com um fóton, segundo a teoria atual, provavelmente não será resolvido.		Essa situação não é bem teoricamente. A temperatura 0K nunca foi atingida nem observada.

Quadro 8 Estruturas filosóficas dos licenciandos, relação entre as perguntas 8 e 4

Os alunos dos dois cursos definem o Método Científico como uma enumeração de passos quando se analisam as suas respostas para as questões 6 e 7. Há ainda nos dois casos estudados concepções que remetem ao pluralismo metodológico como característica do Método Científico. No curso de licenciatura em Física são encontradas respostas que remetem fundamentalmente a um *status* indutivista. Enquanto um licenciando em Física descreve que

Ciência seria “tentativa e erro”, na licenciatura em Química encontra-se uma enumeração de passos seguida de uma contraposição a tal postura que por fim contradiz a primeira posição.

AF13: Experimentação, observação, repetição, dedução e generalização. Ciência é tentativa e erro. A partir da observação e repetição vai se aprimorando até chegar a generalização.

AQ9:

- Observação
- Elaboração de um método para estudar o determinado fenômeno.
- Experimentação.
- Discussão.
- Conclusão dos resultados.

Este método é importante para que a ciência não se torne “cozinha” – tentativa e erro.

Ou seja, que Ciência é esta que para os licenciandos em Física vem de empirismo ingênuo enquanto para os licenciandos em Química é uma “receita” mas não é uma “cozinha”?

Quando questionados em relação à utilização do Método Científico como instrumento de validação de teorias, os alunos da Licenciatura em Química denotam concepções diversas. Encontra-se nas respostas a posição de que não seja necessariamente um instrumento de validação tendo em vista “descobertas” no interior do corpo de conhecimento da Ciência. Esta posição é contrária à de algumas respostas dos licenciandos da Física que abordam um processo histórico de construção do conhecimento ou ainda de que o mesmo tenha sido sempre o corroborador das teorias.

Há nos licenciandos em Química uma forte visão de que uma teoria deve ser provada experimentalmente e que o Método Científico é o instrumento que permite esta comprovação o que também se apresenta nas respostas dos licenciandos em Física. Chama a atenção a presença de uma concepção mentalista de cunho “hipotética-indutiva” (seria a Ciência advinda somente de experimentos de pensamento que admitiriam generalização?) na licenciatura em Química enquanto na Licenciatura em Física encontra-se idéia de caminho matemático como arquitetura para a fundamentação de um dado conhecimento.

AQ23: Concordo – em partes. Pois independente do método científico aplicado, se for o hipotético-indutivo poderá somente ser mentalizado e não ser totalmente aplicado

F04: Não necessariamente, pois há possibilidades de comprová-la por meios que não a experiência, tal como a matemática, por exemplo.

O aspecto deflagrado por Greca e Santos (2005) apresenta-se mais uma vez, e é pertinente dentro do contexto de Ciência colocado pelos alunos. Ou seja, tem-se na Química

uma ciência calcada na experimentação enquanto a Física esta virá a se concretizar em parâmetros matemáticos.

Nos dois cursos ainda é possível verificar uma visão de cunho sociológico, ou seja, o Método seria parâmetro de apoio dentro da comunidade científica ou frente a outras teorias e resultados.

AQ18: Em termos legais sim, também éticos e morais, é óbvio que para se fazer ciência hoje em dia têm-se que seguir os padrões estabelecidos pela comunidade científica.

AF3: A experimentação é um passo importante para que uma teoria receba um status de “viável” perante a comunidade científica. Mas esta experimentação não é fator definitivo para comprovar ou refutar tal teoria, uma vez que estas experiências são limitadas por fatores, como por exemplo, o desenvolvimento tecnológico da época.

Parte-se agora para a análise das descrições apresentadas pelos os alunos dentro das discussões colocadas no contexto da aula proposta.

Segundo os alunos os dois cursos de licenciatura não apresentam uma estruturação coerente entre as aulas teóricas e experimentais. Ainda que tentativas tenham sido realizadas, segundo os mesmos não houve eficiência nos episódios vividos. Eles relatam ainda, na licenciatura em Física, uma estruturação em que as aulas experimentais seriam comprovações dos conteúdos teóricos. O discurso na licenciatura em Química é tal que os alunos acreditam na importância das aulas experimentais como momentos em que se “enxerga” os conceitos discutidos nas aulas teóricas (posição também partilhada na licenciatura em Física), e advertem que se as aulas tivessem sido dadas em conjunto um entendimento melhor seria conseguido.

AQ9: Talvez se você tivesse tido os dois em conjunto acrescentaria mais, algumas materiais, como química geral, inorgânica você tem um pouco junto, ainda assim, o que acontece muitas vezes na faculdade é que um professor da a parte teórica, o outro a experimental, então fica, cada um da o que quiser e o que acha que é pra ser dado.

AQ6: Se você vê na pratica, o que você vê na teoria é mais fácil, você conseguir... é... ligar a teórica com a pratica dá uma diferença grande; que às vezes você não consegue ver na teoria mas se você olhar na pratica você consegue, ou as vezes você, é o contrario, você não consegue enxergar na prática, na teoria você consegue...

AF13: Da aula experimental, pra você verificar a teoria, você esta vendo ai, pra ver a verdade, que aquilo existe!

As falas dos alunos da Licenciatura em Física demonstram que as aulas experimentais vivenciadas não admitiram uma discussão relativa ao processo experimental, de tal forma que muitos experimentos foram descartados em detrimento das taxas de erro nos dados obtidos,

ou, conforme relato, os alunos forjam dados para o experimento. Este é tido como uma receita de bolo que deve ser seguida, e que em caso de erros experimentais constatados de âmbito geral, os mesmos deviam ser avaliados pelo professor que segundo os alunos deveria substituir tal experimento.

AF2: Então eu acho que foi mesmo, seguindo o roteiro do experimento na seqüência lá das medidas, porque quase todo mundo teve um erro muito grande, então acho que não, focado na questão da observação de cada grupo, todo mundo obteve quase a mesma coisa, ou então é algum problema mesmo no experimento lá, que estava formalizado ou no roteiro, na maneira que as medidas têm que ser tiradas.

AF13: Ah eu ia falar que, que assim, que ele falou, assim que todas as bancadas deram erro de 400%, ou todo mundo é bem devagar para fazer os experimentos e a professora tem que rever o jeito que ela ensinou para fazer o experimento ou o experimento é realmente desprezível, e você tem que mudar o experimento, ou colocar outra coisa na grade, tem tantas coisas que pode ser feita, porque insistir naquele experimento que dá errado.”

Constata-se ainda que os conceitos não foram trabalhados a partir da experimentação mesmo no contexto em que dois professores tentaram relacionar as disciplinas teórica e experimental. Ou seja, a busca dos documentos oficiais que coaduna com as perspectivas da área de pesquisa em Ensino de Ciências encontra um ambiente hostil e de certa forma despreparado para uma postura parece intuitiva, ou mesmo de senso comum, no ensino:

AF08: Se a idéia era chegar num conceito a partir de um experimento, fazendo uma dedução lógica que seja, isso aí raramente foi feito assim!

Desta forma, a dialética admitida por Bachelard (2000) como fundamento para a Ciência, dialética entre o realismo e o racionalismo, entre um racionalismo aplicado e um materialismo técnico não se apresenta na estrutura dos cursos mencionados.

A fala de AF8 vai de encontro com a concepção admitida por Bachelard como caminho a ser seguido pela Ciência, ou seja, se para Bachelard tem-se um caminho que vai do racionalismo para o real, especialmente no que tange a microfísica, onde, segundo ele a ciência certa e exata não pode ser admitida, a fala de AF8 denota que tal caminho não foi o realizado.

Enquanto os alunos da Licenciatura em Física têm em seu currículo uma disciplina experimental relativa a tópicos de Física Moderna, os alunos da licenciatura em Química relatam uma experiência relativa à uma disciplina optativa oferecida com tópicos em Mecânica Quântica.

O aluno AQ6 da Licenciatura em Química admite que os temas em Mecânica Quântica dariam “uma base” para o entendimento dos conceitos discutidos no curso, no entanto, esta base não teria sido dada, e segundo este, ainda que conheça experimentos relativos aos conceitos quânticos estes não foram realizados em sala de aula.

Os licenciandos da Física mencionam o aspecto filosófico dos conceitos quânticos, no entanto apontam que nas aulas, ainda que este tenha sido mencionado, os conceitos foram trabalhados essencialmente pela via matemática.

AF1: É realmente ela tem momentos que predomina a matemática, às vezes você até se perde no conteúdo, o que eu estou fazendo na verdade? Mas é, é até você retirar ferramentas pra você poder entender os fenômenos, então, a gente passou por um momento na disciplina, que realmente foi predominantemente matemática e agora depende da conceituação.

Tal postura é a mesma apontada por Ostermann e Ricci (2005) que já constataavam a abordagem essencialmente matemática dos conteúdos de Mecânica Quântica.

Tal constatação também é obtida na licenciatura em Química, em que ao relatar o ideário acerca do curso optativo de Mecânica Quântica, AQ6 revela o aspecto essencialmente matemático do conteúdo programático e AQ10 a falta de articulação com o caráter fenomenológico.

AQ6: Eu particularmente não consegui relacionar nada com nada! Para mim não tem serventia não!

AQ10: Onde a gente ligou a matriz com a Química Quântica? Não sei!

Somente três alunos da Licenciatura em Física discordam de que o caráter matemático da Mecânica Quântica é predominante. Ainda assim, para AF5 o ferramental matemático é poderoso e ele acredita em seu valor:

AF05: Eu acredito que sim é... não é, não é, como a gente colocou, é é é...grande questão teórica aí, é a mudança do determinístico para o probabilismo, você não tem mais, por exemplo, é... as equações de Newton lá, você olha e, como o professor comentava com a gente na aula passada, você tem a impressão de que você pode prever o estado futuro, e pode dizer alguma coisa do passado de um determinado sistema, na Mecânica Quântica, você tem uma mudança de paradigma, você não sabe mais dizer com certeza o que está no futuro, você tem estas coisas mais em termos de probabilidade, mas eu acho o ferramental matemático poderoso e acredito que ele dá conta.

Na licenciatura em Química, coexistem posicionamentos em que a experimentação no nível microscópico se dá através da matemática e uma visão da matemática como meio de interpretação dos fenômenos quânticos a nível macroscópico:

AQ18: Cálculos, cálculos e probabilidades!

AQ1: Para explicar a parte macroscópica da coisa, tem que entender o microscópico através... dos cálculos

A coerência dialética do Novo Espírito Científico defendido por Bachelard, em que a matemática e a natureza se encontram articuladas, não é um traço pertinente entre estes alunos, de tal forma que a matemática parece ainda extrínseca do fenômeno e não intrínseca como admitido pelo filósofo francês. As falas de AF5 e AQ18 representam também fato já anteriormente mencionado: os obstáculos epistemológicos da generalização e verbal que representam a palavra probabilístico no contexto da Mecânica Quântica. Ou seja, tal palavra parece ser suficiente para explicar todo o contexto do formalismo e do quadro conceitual da Mecânica Quântica, mostra-se carregada de um conceitual superior ao seu sentido lingüístico, ao mesmo tempo em que surge como eixo dos desafios epistêmicos, tudo na teoria parece se reduzir à “probabilidades”.

Até o presente momento, os resultados já demonstram a complexidade do quadro de descrições advindas dos licenciandos que oscilam entre ontologia e epistemologia de forma não articulada, apresentando também os resultados um Perfil Epistemológico e a coexistência de obstáculos epistemológicos.

Á seguir os resultados advindos das análises pertinentes às descrições da atividade proposta com as caixas, a “atividade pedagógica do não” parecem corroborar tal visão dicotômica não dialética, além de permitir encontrar outros obstáculos epistemológicos.

A estruturação sugerida para o Método Científico para os dois cursos, construída em consenso na sala possui elementos semelhantes, no entanto, enquanto o caminho da Física se mostra indutivista (CHALMERS, 1993) (partindo da observação e admitindo a generalização frente a um número de casos verificados), os alunos da licenciatura em Química partem da observação, porém se dividem em caminhos distintos um empirista (o experimento guiando a construção da teoria) e outro racionalista (CHALMERS, 1993) (há uma teoria que deve passar por teste experimental) como mostrado nas figuras a seguir:

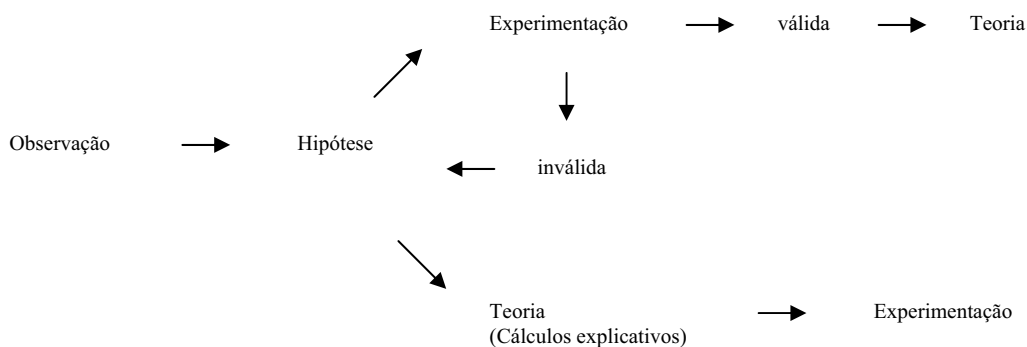


Figura 7 Estrutura do Método Científico para os licenciandos em Química

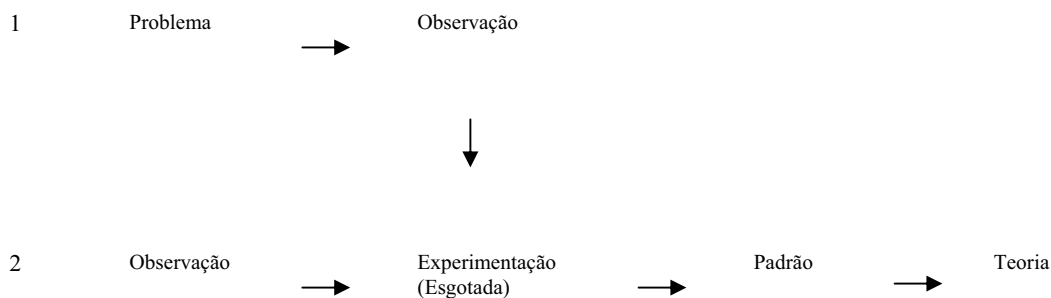


Figura 8 Estrutura do Método Científico para os licenciandos em Física

No entanto é importante verificar que AF5 relativiza tal proposta admitindo que a mesma fosse uma resposta à pergunta realizada, colocando ainda que para a estrutura proposta, está-se livre de pressupostos:

AF5: Essa só foi uma resposta da pergunta que ele colocou, isso aí é um modelo genérico, mas não que as coisas vão ser desta forma.

AF5: Ali quando ele começa o método científico pressupõe-se que não exista nada no início, eu não esperava nada no início, eu comecei com observação o que vai ocorrer e a partir daí, anuncia as lei.

A fala de AF5 revela um caráter oposto ao admitido por Bachelard, para quem a Ciência parte dos pressupostos metafísicos ontologia e epistemologia de forma intrincada. Se o Método não é o exposto por eles, a construção apresentada, e não se admitem pressupostos

metafísicos, que meios são estes de produção do conhecimento concebidos por eles que não são nem Positivistas nem Metafísicos?

Ao tentar aplicar o método sugerido, os alunos dos dois cursos denotam as mesmas impressões de consternação com a atividade proposta, sugerindo que o problema residiria na abertura das caixas:

AQ6: Dá um pouco de nervoso inclusive

AQ6: Dá um pouco de nervoso não conseguir enxergar dentro!

AF11: Quando a gente pega a caixa tinha uma noção de que era Deus, se é que a gente consegue provar, já que tem ou alguns não, mas depois com o tempo, a gente começou a perceber que tem um bendito elástico dentro de uma caixa.

Para os dois conjuntos de sujeitos estudados o problema é insolúvel, na medida em que as caixas não podem ser abertas. Assim constitui-se um obstáculo epistemológico, a impressão primeira, onde a negação do sentido da visão limita as formas de ação e pensamento.

No entanto AQ1 descreve que o problema deveria ser “analisado”, ou seja, a atividade pedagógica do não deveria ser desconstruída e reconstruída para um entendimento completo, pois para ele este é o meio de funcionamento da Ciência:

AQ1: No meu caso por exemplo, se explica. No meu caso, um experimento de medicina, você explicar como um determinado sistema funciona, o que os caras fizeram, antes de pegar, colocar... raio, um monte de aparelho, eles desmontaram uma pessoa inteira, que foi o que aconteceu, testaram até com a pessoa viva, mataram ela, e o fígado funciona desse jeito. Na minha opinião para esse sistema devido a sua complexibilidade, eu só ia conseguir definir exatamente, se eu desmontasse o sistema inteiro, remontasse ele para explicar o sistema inteiro.

Tal posição é questionada por um colega de sala ao expor a ele o problema do estudo da estrutura atômica, sugerindo então, uma analogia para a atividade de desconstrução proposta, que seria uma reinterpretação do Princípio de Incerteza.

AQ18: Como é que você desmonta um átomo?

AQ18: Ele está tentando chegar na mesma idéia do Princípio da Incerteza.

Segundo Bachelard, o método Cartesiano é redutivo, o que para ele falseia a análise. Ou seja, o problema deveria então ser pensado em sua totalidade e não de forma analítica, o

que coloca a pensar que o sistema desconstruído não fornece o mesmo problema epistêmico que se encontra quando da sua totalidade.

O método cartesiano é *reduutivo*, não é *indutivo*. Uma tal redução falseia a análise e entrava o desenvolvimento extensivo do pensamento objetivo. (BACHELARD, 2000, p.123)

Quando um problema semelhante (limitação dos sentidos) é colocado aos licenciandos em Física, ou seja, o estudo do calor na termodinâmica, o que ocorre é um processo de negação de tal questionamento:

AF11: Calor é calor, caixa é caixa.

As limitações sensoriais e os processos e negação segundo Bachelard são característicos de um Espírito pré-científico. Para tal reiteramos trecho já mencionado:

Muitas vezes o enunciado de uma limitação implica a condenação ao fracasso, pois o problema impossível já impõe um método de resolução falho. (BACHELARD, 2008, p.70)

Nas duas licenciaturas, depara-se com a impressão de que o problema existe apenas após a enunciação de uma ontologia para tal:

AQ20: Se tem uma posição exata quer dizer que tem alguma coisa dentro da caixa

AF11: Mas quando tem um problema você fala assim: o negócio é o seguinte, aqui tem uma bolinha, você já sabe que você tem uma bolinha, e eu não sei como eu vou definir tal coisa.

Estas falas discordam do posicionamento colocado por AF5 no início da construção do Método quando da atividade proposta na licenciatura em Física. O que não admitia pressuposto, inicialmente, torna-se então analisável na ontologia admitida.

Ao final da atividade, nas duas salas têm-se constatações referentes à metodologia. Enquanto AF5 irá redefinir o objeto de busca da Ciência, AQ7 irá complementar o comentário de AQ1, de que a metodologia construída é falha, pressupondo uma limitação de ordem maior que os passos sugeridos:

AQ7: Mas será que nós estamos usando o necessário pra gente montar isso?

AQ7: Pode ser que ele esteja limitado no nosso pensamento, ou coisa assim...

AF5: É o seguinte, a gente tá pressupondo aí em que a teoria que vai formular, tem que nos dizer uma verdade absoluta a respeito da posição da bolinha. É... modernamente a teoria a gente sabe que não é uma descrição que a gente chamaria aí há uns tempos atrás de uma verdade absoluta, ela é um modelo de descrição da realidade, ela pode ser mais adequada ou menos adequada.

Finalizada a aula, o relatório proposto foi solicitado e entregue pelos alunos 15 dias após a atividade. Ainda que tenham sido solicitada a formação de 3 grupos em cada uma das salas de aula, foram produzidos 4 relatórios na Licenciatura em Química. Os integrantes de cada um dos grupos encontram-se explicitados no quadro 9.

Passando então à análise dos relatórios, os Grupos F1 e F2 não construíram tópicos introdutórios em seus relatórios, portanto não se enxerga explicitamente pressupostos conceituais para o desenvolvimento que se segue nos relatórios. Já o Grupo F3 apresenta uma discussão acerca do indutivismo e da teoria de Popper sobre a Ciência:

Grupo F3: Para o indutivismo ingênuo a ciência, ou o conhecimento físico é obtido por meio de experiências ou observação [...]

Grupo F3: Só o falseacionismo acredita que o conhecimento científico não é obtido por meio de observações sem pressupostos teóricos.

O Grupo Q1 foi o único grupo a não apresentar pressupostos em seu relatório. O tópico denominado “Introdução” reconhece o problema envolvido na “atividade pedagógica do não” de forma descritiva no relatório do Grupo Q1. Os grupos Q2 Q3 e Q4 apresentam textos semelhantes em suas introduções dos relatórios. Vale ressaltar os aspectos, sociológico nos relatórios dos Grupos Q3 e Q4, o Cartesianismo admitido pelo Grupo Q2, ao mesmo tempo em que se verifica a subjetivação no Método Científico.

Grupo Q3: [...] bem como coloca as hipóteses em um conjunto de conhecimento maior que são as leis e teorias reconhecidas consensualmente pela comunidade científica e/ou o paradigma de seu tempo.

Grupo Q4: [...] bem como coloca as hipóteses em um conjunto de conhecimento maior que são as leis e teorias reconhecidas consensualmente pela comunidade científica e/ou o paradigma de seu tempo.

Grupo Q2: O método científico como conhecemos hoje foi o resultado direto da obra de inúmeros pensadores que culminaram no "Discurso do Método" de René Descartes

As impressões finais revelam o desafio colocado pela “atividade pedagógica do não”. Essencialmente encontram-se nos licenciandos em Física reflexões nas quais há limitações epistemológicas para o problema, ou seja, a experimentação destruindo informações acerca do

problema como proposto por Heisenberg em sua interpretação epistemológica do Princípio de Incerteza (CHIBENI, 2005).

Para os relatórios dos licenciandos em Química verificam-se posições que colocam o método proposto como ineficiente, problema epistemológico tal como colocado pelos licenciandos em Física, resolução do mesmo somente por interpretação probabilística e a justificação através de da insuficiência de dados para a resolução do problema.

Alunos (Grupo)	Impressão final
AF1, AF5, AF11, AF12 e AF14. (Grupo F1)	Uma questão importante por nós desconsiderada foi o fato de que a posição inicial da bolinha foi perdida desde o princípio, na entrega das caixas. Isso recorda um princípio físico básico que é a interferência da medida no resultado obtido.
AF2, AF3, AF4, AF8, AF9, AF10 AF18. (Grupo F2)	Conforme interagimos com a caixa, "destruímos" o estado inicial do sistema.
AF6, AF13, AF15, AF16, AF17, AF19. (Grupo F3)	A partir do momento em que pegamos as caixas, modificamos a posição inicial do objeto dentro da caixa.
AQ7 e AQ18 (Grupo Q1)	Portanto, a posição exata não se pode determinar, o que se pode determinar é a probabilidade dessa esfera ocupar um certo volume [...]
AQ2, AQ4, AQ5, AQ8 e AQ20. (Grupo Q2)	Na presente problematização, não pudemos prever a posição exata da esfera na caixa sem perturbar o meio alterando assim a condição inicial
AQ13, AQ14 e AQ19 (Grupo Q3)	O método utilizado não foi totalmente eficaz [...]
AQ1, AQ6, AQ9, AQ11, AQ14, AQ15, AQ16, AQ17, AQ21, AQ22. (Grupo Q4)	[...] não houve subsídios suficientes para que a dedução seja concreta.

Quadro 9 - Impressões finais encontradas nos relatórios

Os trechos mencionados possibilitam verificar o potencial em sala de aula da “atividade pedagógica do não”, ainda que este não seja o objetivo deste trabalho. Chama a atenção a ausência de impressões ontológicas acerca do problema, ou seja, qualquer referência à um problema de ordem relativa à natureza do sistema em que a bola se encontra preenchendo todo o interior da caixa, o que mencionou-se anteriormente ser uma alusão ao problema ontológico do Princípio de Incerteza.

Os resultados encontrados nos mostram que ainda que os pressupostos metafísicos admitidos por Bachelard estejam no ideário dos licenciandos, tais pressupostos não se encontram articulados, ou ainda se deparam com a matemática como uma ferramenta poderosa e concepção dominante na Mecânica Quântica.

As concepções relativas ao método que se iniciam como reflexos do senso comum acabam por encontrar um grande desafio frente à “atividade pedagógica do não”, o que revela um ideário confuso.

6 REFLEXÕES FINAIS: ALGUMAS CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O contexto do qual emerge esta pesquisa é complexo e contraditório. Os documentos oficiais mostram direcionamentos distintos para o ensino das disciplinas de Física e Química, ainda mais no contexto dos conteúdos de Ciência Moderna. A breve análise realizada sobre eles mostra que ainda que se procure o ensino de uma Ciência como construção, fundamentada em processo histórico, calcada em elementos epistemológicos, os documentos oficiais abordam distintamente os conceitos referentes à Ciência Moderna para Física e Química ainda que coloque o uso da interdisciplinaridade como fundamento de um ensino de uma Ciência não ingênuo.

O panorama das pesquisas relativas ao tema revela um confuso contexto em que a História da Ciência surge como poderosa ferramenta no auxílio da abordagem dos tópicos em Mecânica Quântica. Entretanto, ainda são poucas as pesquisas cujas ferramentas metodológicas e os referenciais teóricos sejam claros. Constata-se ainda a utilização essencialmente da matemática como fundamento pedagógico do ensino de Mecânica Quântica.

Claro está, no entanto, que Física e Química são áreas com abordagens metodológicas extremamente distintas, e com pressupostos filosóficos diversos e talvez contraditórios se concordarmos com Greca e Santos (2005).

Para o pensamento de Bachelard sobre a Ciência, tal oposição não é um problema, mas a dialética entre estas duas facetas do pensamento humano é o ponto crucial do que ele chama de Novo Espírito Científico. Para o filósofo francês a matemática deixa de ser mero instrumento e passa a fazer parte desta dialética, em que o conhecimento vai do racional para o real.

A Ciência para Bachelard é um corpo teórico tão forte que a Filosofia se transforma com os desenvolvimentos da Ciência e uma evolução filosófica dos conceitos é verificável na História da Ciência, permitindo a construção do Perfil Epistemológico.

Se Bachelard admite pressupostos metafísicos para o seu Novo Espírito Científico, que antes eram contraditórios e agora são dialéticos, complementares, ontologia e epistemologia, então este dualismo é também parte integrante do Princípio de Incerteza de Heisenberg, elemento eixo dentro da visão não determinista admitida na microfísica.

Esta pesquisa constata também que tais categorias encontram-se presentes no discurso de licenciandos, quando estes são questionados em relação a tal princípio, todavia, a dialética admitida por Bachelard não é encontrada no ideário destes sujeitos. Frente a problemas

epistêmicos que necessitam uma análise semelhante, verifica-se ainda a contradição filosófica, em que a ontologia ora é admitida, ora é negada, ocorrendo o mesmo com a epistemologia.

As descrições mostram múltiplas concepções para um mesmo conceito, concordando com o Perfil Epistemológico defendido por Bachelard, em que tais defesas também contradizem as posições epistêmicas frente a outros problemas.

Obstáculos Epistemológicos também foram verificados no ideário dos alunos referente à microfísica, à Teoria Quântica. E em oposição a uma matemática intrincada dentro do processo científico defendido por Bachelard, o que se verifica é uma matemática instrumental fazendo parte de um ferramental que se constitui a Mecânica Quântica.

Tal matematização característica é percebida no ideário dos licenciandos em Física, enquanto um caráter especialmente pictórico se revela nas respostas ao questionário dos licenciandos em Química em acordo com a posição de Greca e Santos (2005). No entanto tais aspectos não são arquitetados, parecem ingênuos e não intrincados como no pensamento Bachelardiano.

Frente a um problema cujas estruturas usuais do Método Científico, estruturas de senso comum são confrontadas os licenciandos acabam revelando um ideário que Bachelard admitiria característico do Espírito Pré-Científico. Verifica-se uma Ciência construída de passos bem definidos, calcada na experimentação, e que nega os problemas advindos de uma construção filosófica, a qual permite ao conceito um problema não analítico.

A atividade concebida, a “atividade pedagógica do não” permite tocar em tais questões no sentido de que elas fazem parte do problema em sua natureza e não somente como uma analogia. Ainda que o potencial pedagógico de tal atividade não tenha sido analisado, pois os objetivos calcaram-se em outros aspectos, a construção da atividade indica, a nosso ver, caminhos dentro da História e Filosofia da Ciência como abordagem dos conceitos, já que, segundo o panorama apresentado neste trabalho, tal caminho não parece essencialmente claro. As caixas propostas evocam a discussão de questões mais elementares que o Princípio de Incerteza, ou seja, estruturas epistemológicas da Ciência, mas permitem um *link* frutífero para conceitos importantes na Mecânica Quântica, tais com o próprio Princípio de Incerteza e o Problema da Medida.

O contexto da atividade promovido pela estruturação através da Metodologia Investigativa e da Resolução de Problemas mostra-se pertinente neste processo, contribuindo ainda com um segundo aspecto: se o pesquisador fenomenológico procura a história de vida dos sujeitos de pesquisa, de forma a captar suas impressões mais genuínas sob certo

fenômeno, a postura do professor investigativo caminha no sentido da abertura do sujeito frente ao fenômeno. A proposta investigativa coloca ao professor a função de guia no do processo de enfrentamento do problema pelo aluno, permitindo que este tenha o papel principal na condução das estratégias, destacando as impressões do sujeito.

Indica-se então que a questão tratada, a estrutura conceitual da Mecânica Quântica não pode ser realizada de forma ingênua, e que tal estrutura filosófica que se mostra pertinente deva ser trabalhada concomitantemente, não apenas em relação aos tópicos de Mecânica Quântica, mas ao contexto maior em que esta se insere, a Ciência. Pensar a Ciência é pensar sua estrutura, e é importante que o problema existente seja admitido e então articulado, quer seja tomando-se uma posição ontológica, epistemológica, ou tomando-se como leitura a dialética proposta por Bachelard. Afinal, tais pressupostos são os princípios das buscas da Física e da Química, e tratando-se dos conceitos da Mecânica Quântica, tais pressupostos guiaram a construção da mesma como o contexto histórico nos revela.

Se a Fenomenologia revela a história de vida destes sujeitos então admite-se que tais concepções expressam a vivência dos alunos sobre essas questões.. As descrições referentes aos modelos didáticos de experimentação revelam um processo vivido dentro do contexto de formação.

Ao observarmos a apresentação do Princípio de Incerteza nos livros didáticos de Química iniciais do curso superior, verificamos diferentes abordagens existentes. Seleccionados dois excertos extraídos de dois livros usados tradicionalmente nos cursos iniciais de licenciatura e bacharelado em Química verifica-se:

O ponto Crucial do principio da incerteza é que, para se saber algo sobre a posição e o momento de uma partícula, temos de interagir de qualquer maneira com esta partícula.

[...] Nenhum instrumento pode “sentir” ou “ver” um *elétron sem influenciar intensamente* o seu movimento. Se, por exemplo, construíssemos um “supermicroscópio” imaginário para localizar um elétron, teríamos de usar uma radiação com um comprimento de onda muito menor do que o da luz. [...] O supermicroscópio imaginário deveria, por isso, usar raios x ou γ . Mas a energia destas radiações é tão grande que modificaria a velocidade e consequentemente, o momento do elétron, numa quantidade grande e incerta (RUSSEL, 1994, p.244).

A dualidade onda-partícula não somente mudou nosso entendimento sobre radiação eletromagnética, como também devastou os fundamentos da física clássica. Na mecânica clássica, uma partícula tem uma **trajetória** definida, ou o caminho onde a localização e o momento linear são especificados a cada instante. Por outro lado, não podemos especificar a localização precisa de uma partícula se ela se comporta como onda [...] Uma partícula com um momento linear preciso tem comprimento de onda preciso: mas como não tem sentido falar da localização de uma onda, não podemos especificar a localização da partícula que tem um momento linear preciso. (ATKINS e JONES, 2006 p. 142).

Assim, o discurso contraditório, ou dualismo filosófico que é característico da Ciência encontra-se nos textos referidos em que se tem um sendo ontológico enquanto o outro epistêmico. Importante ressaltar ainda que estas posturas filosóficas não estão claras dentro do contexto do texto.

Concorda-se aqui com Bachelard, no sentido em que a discussão da Ciência admite pressupostos metafísicos e que estes são característicos das discussões inerentes aos conceitos de Mecânica Quântica. No entanto, nada parece claro, dentro do ideário daqueles que enfrentarão em breve a salas de aula, liderando o contexto de construção do conhecimento admitido pelos documentos oficiais.

Três perguntas são pertinentes aos resultados das análises em relação ao que os documentos oficiais propõem:

- a escolha do livro didático pressupõe um conhecimento acerca do problema filosófico da Ciência, já que irá representar a concepção de conhecimento que se defende. A pergunta lançada então é: professores, em geral, admitem tal problema relacionado à Filosofia da Ciência? E vamos além: ao escolherem um livro didático, estão cientes da postura epistemológica que este livro defende?
- o que é a interdisciplinaridade entre a Física e a Química escolares quando, enquanto Ciências, estas admitem metafísicas opostas?
- o que significa a interdisciplinaridade para futuros professores cujo conceito de Ciência, elemento que uniria então áreas de epistemologia tão distintas, não representa muito além do que um receituário, doutrinado e estigmatizado dentro de seus próprios cursos de formação?

Tais perguntas nos guiam agora junto ao ideário concebido pelos licenciandos em busca de posturas e vieses dentro da formação inicial, a buscar processos que possam mudar tal cenário, e que permitam uma melhor fundamentação dos tópicos em Mecânica Quântica nos currículos do Ensino Médio e Universitário.

Por fim, ao que tudo indica, reforça-se, somente a clarificação destes pressupostos e sua articulação com os conceitos propriamente ditos é que permitirão a abordagem dos tópicos em Mecânica Quântica quer seja no ensino Universitário, quer seja no Ensino Médio, ainda que o ponto de chegada admita um problema complexo, dialético, dicotômico, ainda que este seja a incerteza/indeterminação!

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. R. D.; NASCIMENTO, R. S.; GERMANO, M. G.. Influências da física moderna na obra de Salvador Dalí. **Cad. Bras. Ens. Fís.** v. 24, n.3, p. 400-423, dez, 2007.
- ANDRÉ, M.. Pesquisa em educação: questões de teoria e método. **Educação e Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, jan/jul, p. 29-35, 2005.
- ATKINS, P, JONES, L.. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. Lisboa: Editorial Presença, 1991.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.
- BACHELARD, G. **Estudos**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.
- BARROS, M. A.; BASTOS, H. F. B. N. Investigando o uso do ciclo da experiência kellyana na compreensão do conceito de difração de elétrons. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n 1, p. 26-49, abr. 2007.
- BOHR, N. **Física Atômica e Conhecimento Humano**; trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciência da Natureza Matemática e Suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.
- CARNEIRO, M. C; GENTIL, H. S. (Org). **Filosofia Francesa Contemporânea**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- CASTRO, R. S.; CARVALHO, A. M. P. História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. **Cad. Cat. de Ens. de Fís.**, v.9, n.3, p. 225-237, 1992.
- CHALMERS, A. F. **O que é Ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHIBENI, S. S. Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg. **Rev. Bras. de Ens. de Fís.**, v. 27, n. 2, p. 181-192, 2005.
- CHIBENI, S. S. Descartes, Locke, Berkeley, Hume e o Realismo Científico. **Primeira Versão**, IFCH-Unicamp, n. 25, 1990.
- COHEN-TANNOUDJI C., DIU, B.; LALOE, F. **Quantum mechanics**, v.1, New York: John Wiley, 1977.

COLLINSON, D.. **50 Grades Filósofos: da Grécia antiga aos século XX**. 3.ed. São Paulo: Contexto, 2006.

COMTE, A. **Curso de Filosofia Positiva**. In: Os Pensadores: Comte. São Paulo: Abril Cultural, 1988.

FERNANDEZ C., MARCONDES M.E.R.. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. **Química Nova na Escola**, nº 24, p. 20-24, 2006.

FREIRE JR., O., CARVALHO NETO, R. A.. **O Universo dos quanta: uma breve história da Física Moderna**. São Paulo: FTD, 1997.

GRECA, I. M., SANTOS F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da Física e da Química. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.10, n.1, 2005.

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

GUERRA, A., FREITAS, J., REIS, J. C., BRAGA, M. A. A interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 15, n. 1: p. 32-46, abr. 1998.

HEISENBERG, W. **The physical principles of the quantum theory**. New York: Dover, 1949.

HEISENBERG, W. **Física e filosofia**. 2. ed. Brasília : Ed. da UnB, 1987.

HEISENBERG, W. **A Parte e o Todo**. trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

HENRY, J. **A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

JAMMER, M. **The Conceptual development of quantum mechanics**. New York: McGraw-Hill, 1966.

JOHNSTON, I.D. CRAWFORD, K.; FLETCHER, P.R. Students difficulties in learning quantum mechanics. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 4,p. 427-446, 1998.

KRAGH, H. **Introdução à Historiografia da Ciência**. Porto: Porto Editora, 2001.

KRASILCHIK, M. Reformas e Realidade: o caso do ensino de Ciências. São Paulo, **Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LAUDAN, L.. Teorias do Método Científico de Platão a Mach. **Cad. Hist. Fil. Ci.**, Campinas, Série 3, v. 10, n. 2, p. 9-140, jul.-dez. 2000.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. L. Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 399-420, 2007.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

LOBO, S. F. O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. **Ciência & Educação**, v.14, n.1, p. 89-100, 2008.

LOPES, J. B. Aprender a Ensinar Física. Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

MARTINS, R. de A. O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? **Caderno de Metodologia Técnica de Pesquisa**. n.9, p.5-20,1999.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007

MATTEWS, M. R.. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, Jenner Barretto,. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 557-580, 2009.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

NARDI, R.. História da Ciência x Aprendizagem: algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre as idéias que evoluem para a noção de campo de força. **Enseñanza de las Ciencias**. v.12, n. 1, p.101-106, 1994.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. Investigação em ensino de ciências no Brasil segundo pesquisadores da área: alguns fatores que lhe deram origem. **Pro-Posições**, v. 18, n.1, p. 213-226, jan./abr. 2007.

NÚÑEZ, I. B.; NEVES, L. S.; RAMALHO, B. L. Uma reflexão em relação ao estudo da mecânica quântica: o caso do princípio da incerteza. **Revista Iberoamericana de Educacion**, 2002. Disponível em: < www.rieoei.org/deloslectores/Beltran.PDF>. Acesso em: 07 ago. 2010.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F.. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência e Educação**, v.14, n.1, p. 67-88, 2008.

ORTERMANN, F. A Epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.184-196, 1996.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Investigando a aprendizagem de professores de física acerca do fenômeno da interferência quântica. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 35-54, 2008.

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

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Conceitos de física quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, v. 22, n. 1, p. 9-35, abr. 2005.

PAULO, I. J. C. de. **A aprendizagem significativa crítica de conceitos da Mecânica Quântica segundo a Interpretação de Copenhagen e o problema da diversidade de propostas de inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 2006. 235f. Tese (Doutorado em Enseñanza de las Ciencias)- Programa Internacional de Doutorado, Universidade de Burgos, Burgos/Espanha, 2006.

PESSOA JUNIOR, O. **Conceitos de Física Quântica**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

PIAGET, Jean et al. **Logique et connaissance scientifique**. Paris, Gallimard, 1967.. Versão em português: **Lógica e conhecimento científico**, vol. 2, Porto: Livraria Civilização, 1980-1981. (vol. Publ. sob a direção de Jean Paget)

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A origem da idéia do acaso na criança**. Rio de Janeiro: Record, (s/d).

PIERSON, A. H.C., NEVES, M. R.. Interdisciplinaridade na formação de professores de ciências: conhecendo obstáculos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n. 2, p. 120-131, 2007.

PINTO, A.C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

POZO, J. I., **A solução de problemas aprender para resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: ARTMED, 1998, 177p.

REZENDE JUNIOR, M. F.; DE SOUZA CRUZ, F. F. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

RUSSELL, J. B. **Química geral**. São Paulo: Pearson Education, 1994.

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

SILVEIRA, F. L. Determinismo, previsibilidade e caos. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 10, n. 2, p. 137-147, 1993.

SOUZA FILHO, M. P. de. **O erro em sala de aula: subsídios para o ensino do eletromagnetismo**. 2009. 230f. Tese (Doutorado em Ensino para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru/São Paulo, 2009.

SUART JÚNIOR, J. B. O modelo atômico probabilístico: um panorama da essência à transposição didática na Química. 2008. 60f. Monografia (Graduação em Química)- Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

SUART JÚNIOR, J. B.; ZULIANI, Sílvia Regina. Q. A. Reflexões Acerca da Transposição Didática de Conceitos de Mecânica Quântica no Ensino de Química: entraves e perspectivas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 899-904, 2009.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a Inserção de Física Moderna na Escola Média**. 1994. 241f. Tese (Doutorado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

ZULIANI, S. R. Q.A. Prática de ensino de Química e metodologia investigativa; uma leitura fenomenológica a partir da semiótica social. 2006. 288p. Tese (Doutorado)- Centro de Ciências Humanas, UFSCAR, São Carlos, 2006.

Apêndice A – Texto sugerido para reflexão

A estrutura intrínseca da matéria sempre foi alvo do questionamento humano. Da Grécia antiga ao atual momento histórico diversas foram as idéias relativas aos constituintes da matéria.

No final do século XIX o conhecimento científico permitira a Dalton e Thomson elaborar suas teorias acerca da estrutura da matéria em diferentes níveis de complexidade.

O estado de espírito dominante na Ciência do final do século XIX está bem sintetizado na clássica palestra de Lord Kelvin, renomado físico inglês, que em 1900 na Royal Philosophical Society afirmou que só via duas “pequenas nuvens no céu azul” da física: o resultado nulo da experiência de Michelson e os valores “anormais” dos calores específicos a baixas temperaturas. As duas pequenas nuvens estão associadas conceitualmente aos dois temporais que desabaram na física no do século XX; a tempestade breve e brutal da relatividade de Einstein em 1905 e o prolongado temporal da velha teoria quântica iniciado em 1900 por Max Planck e que teve um novo surto, ainda mais radical em 1926, com a nova mecânica quântica, quando da solução do problema da radiação do corpo negro.

A resposta para tal problema foi dada por Planck. Para este a energia emitida não era contínua, mas sim discreta, sendo emitida na forma de pacotes chamados por ele de *quantum*. Segundo Planck a energia seria emitida em pacotes de valores múltiplos inteiros de uma constante h , chamada posteriormente de *a constante de Planck*.

Somando-se à inovação proposta por Planck a teoria ondulatória clássica foi colocada em questão em 1905 por Albert Einstein.

A inovação conceitual proposta por Einstein propunha uma nova abordagem para conceitos já estruturados para os físicos da época. A proposta de Einstein era de que a luz, energia radiante estaria quantizada na forma de fótons. Desta forma energia E e frequência ν estariam relacionadas através da constante de Planck:

$$E = h\nu \quad (1)$$

Apoiando-se nessa idéia, ele desenvolveu cálculos em extrema concordância com dados experimentais para o fenômeno chamado “efeito fotoelétrico”.

Neste contexto Rutherford e as descobertas relativas à radioatividade permitiram novas elaborações teóricas referentes ao átomo e sua estrutura em 1911 que rapidamente são

modificadas por Bohr, seu aluno, em 1913 com a publicação de “Sobre a constituição de átomos e moléculas”.

A natureza corpuscular da radiação foi definitivamente comprovada em 1923 pelas experiências de Compton. Louis de Broglie apoiado nas teorias de Einstein expande a nova compreensão à matéria em 1924. Da mesma forma que um fóton possuiria uma onda associada que governa seu movimento, a matéria também teria, dessa forma os aspectos ondulatório e corpuscular estariam associados quantitativamente da mesma forma que para a radiação. Sendo assim:

$$E = h\nu$$

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (3)$$

onde p é o momento e λ o comprimento de onda.

Entre os anos de 1925 e 1927, Heisenberg, Born e Jordan formularam uma Teoria Quântica Matricial, enquanto Dirac e Schroedinger também formularam suas versões. As três propostas eram, no entanto, equivalentes conforme demonstrado pelo próprio Schroedinger.

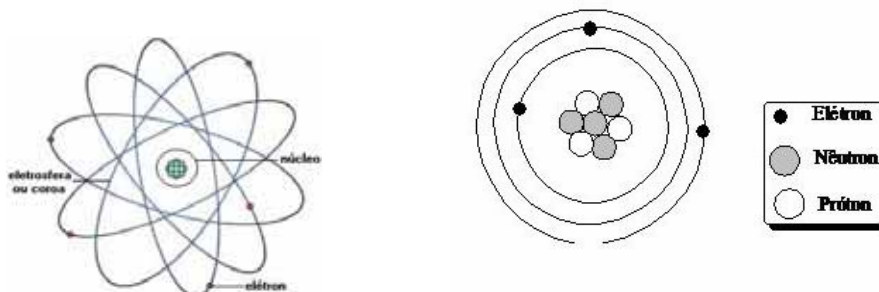
A interpretação dada à equação de Schroedinger por Max Born em 1926 trouxe então novas abordagens à Física, propondo uma descrição probabilística em detrimento de uma visão determinística.

Heisenberg contribuiu definitivamente para esta interpretação em 1927, com suas relações denominadas “Princípio de Incerteza de Heisenberg”.

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2} \quad (4)$$

Apêndice B - Questionário

1 -Observe os desenhos abaixo:



Do que se tratam? Escolha na sua opinião, a partir da resposta anterior, aquele que julgar mais adequado explicando os motivos de sua escolha. Se nenhum dos dois desenhos estiver de acordo esboce o seu.

2- Pensando sobre a ligação covalente, como ela acontece? Desenhar é uma boa forma de representação e nos ajuda a lembrar do fenômeno ou conceito. Nessa perspectiva, você pode esboçar uma imagem de uma ligação covalente e explicá-la.

3-Recentemente foi publicado na revista Science um artigo sobre um experimento de Tripla Fenda, uma variação do experimento de dupla fenda referente à natureza do elétron. O resultado obtido pelos pesquisadores comprovaria a proposta de Max Born de interpretação da Equação de Schroedinger. Nesta interpretação, dá-se relativa importância ao quadrado da função de onda, ou seja, Ψ^2 . Em sua opinião qual a importância de Ψ^2 na interpretação da estrutura atômica? Por que precisamos desta interpretação?

4-A temperatura 0K (Kelvin) é conhecida como zero absoluto, na qual todo movimento molecular cessaria. O que dizer, nesta situação, das quantidades posição e velocidade, e a determinação destas variáveis para as partículas nos limites da estrutura da matéria?

5-Segundo a Eletrodinâmica Clássica, cargas opostas se atraem. No modelo atômico de Rutherford o elétron (negativo) “gira” ao redor do núcleo (positivo). A dúvida crucial seria: por que a eletrosfera não se colapsa com o núcleo?

6-Certamente, você já ouviu falar no Método Científico. Você se lembra de como é estruturado? Como pode ser explicado?

7-Ainda sobre o Método Científico, é essencial que o mesmo seja aplicado para que uma teoria seja comprovada (corroborada)?

8-O Princípio de Incerteza estipula que posição e momento (velocidade) não podem ser medidos ao mesmo tempo com precisão máxima para o elétron. Na sua opinião o que limita esta medida? Este problema há de ser superado? Como?

Apêndice C.1-Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 1

Licenciatura em Química

Os alunos da Licenciatura em Química utilizaram elementos textuais para descrever suas posições, mas também usaram recursos pictóricos.

Encontra-se concordância com o primeiro e o segundo desenho, assim como a proposição de uma terceira representação.

AQ1 trata os modelos como “ultrapassados” propondo um terceiro através de uma representação pictórica, assim como AQ9 também propõe um desenho ao colocar os desenhos apresentados como referentes a épocas distintas. AQ11 usa o termo obsoleto para classificar os desenhos, fazendo uma descrição textual para a sua concepção.

A concordância com o primeiro desenho se dá através do argumento relativo às órbitas tal como em AQ2:

AQ2: Na minha opinião o primeiro desenho é o mais adequado, pois os prótons e os nêutrons estão representados no “centro” do átomo (núcleo) e os elétrons estão na eletrosfera que possui forma oval, pois dessa forma os elétrons ficam mais distantes diminuindo a repulsão entre eles.

Em AQ5 encontra-se uma posição favorável com relação ao primeiro desenho, porém com uma ressalva com relação ao movimento eletrônico:

AQ5: Trata-se de modelos atômicos. Dentre os dois considero mais adequado o primeiro onde a órbita é elíptica, porém esse modelo representa o elétron como uma partícula, não considerando a dualidade deste.

Há casos favoráveis em relação ao segundo desenho, alicerçando-se tanto nos elementos que fundamentam o desenho (AQ3,) assim como uma possível distribuição a partir de um critério energético (AQ12, AQ14)

Em AQ4 encontra-se uma análise com base em um referencial educacional:

AQ4: Ambos são modelos atômicos teóricos construídos com o intuito de se estudar o átomo e seu comportamento. Outros modelos teóricos foram propostos para se explicar fenômenos químicos. Acredito que a escolha do modelo atômico dependerá daquilo que se quer explicar e para quem o conteúdo quer ser passado. Por exemplo, para se tratar classificação periódica para alunos do primeiro ano o segundo seria de fácil compreensão, porém se queremos aprofundar mais o assunto devemos recorrer a outros modelos. Dependerá muito da situação, para a graduação em química e física ou qualquer outro curso acredito que o modelo quântico deve ser utilizado, pois os ouvintes já possuem capacidade de absorver e compreender, já que esse modelo é um pouco abstrato.

AQ7 também usa um parâmetro semelhante para avaliar os desenhos:

AQ7: Se trata de modelos para exemplificação de átomo. Os dois são similares, um em 3 dimensões e outro em 2 dimensões. Para explicação inicial do conceito de átomo, em sala de aula, pode ser utilizado, porém, deve-se evoluir até o conceito atual, representando os orbitais, e tentando fazer com que o aluno “enxergue” a fim de se entender o modelo atual.”

Encontra-se ainda posição desfavorável aos desenhos apresentados, baseada em critérios matemáticos (AQ20, AQ21) com a evocação de equações e critérios estatísticos, assim como a negação de uma trajetória bem definida para o elétron (AQ6, AQ21)

Licenciatura em Física

Os alunos da Licenciatura em Física não esboçaram suas concepções pictóricas em relação aos modelos atômicos.

Nas descrições dos alunos encontra-se: a identificação dos modelos com posterior concordância ou discordância. Em alguns casos encontram-se proposições acerca de um modelo alternativo.

Segundo os alunos da física a concordância com o desenho 1 se daria em detrimento do tamanho do núcleo proposto assim como a forma das órbitas (AF7, AF8, AF10, AF12) ou mesmo em consequência de sua tridimensionalidade (AF5). O questionamento maior apresentando em relação aos desenhos em caso de discordância revela uma preocupação com a descrição correta da posição eletrônica (AF1, AF17) assim como encontra-se a necessidade de uma descrição que detenha concepções corpusculares e ondulatórias (AF14).

O aluno AF2 expõe uma preocupação com o colapso do núcleo com a eletrosfera:

AF2: Na minha opinião, o primeiro modelo é o mais adequado, pois consegue explicar o fato do segundo átomo estar em colapso, pois os elétrons se chocariam com o núcleo.

Em AF11 encontra-se uma análise de cunho “relativo” realizada a partir de um critério educacional:

AF11: Este adequado é bastante relativo, sobre o ponto de vista do que é ensinado no ensino médio fica-se o primeiro modelo como “adequado” onde encontro o núcleo com a “massa” nêutrons e prótons e ao redor “girando” temos os elétrons. Já em níveis quânticos falamos de átomos como energia, não podendo mais falar que o modelo atômico é assim. Pra mim depende com quem você trabalhar e o que quer mostrar.

Apêndice C.2 -Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 2

Licenciatura em Química

O grupo de alunos da Licenciatura em Química revela caráter pictórico em suas interpretações da ligação covalente. Somente dois dos 23 alunos não fizeram desenhos referentes ao questionamento.

Os desenhos apresentados remetem às mais diversas concepções. Nuvens eletrônicas dispersas em fusão (AQ1) pode ser verificadas, assim como uma visão de dispersão aleatória de pontos presentes entre dois núcleos (AQ9 e AQ16). Em grande parte dos casos encontram-se representações constituídas de símbolos dos elementos químicos onde pontos ou “x” representam unidades eletrônicas (AQ2, AQ5, AQ13, AQ14), estando presentes sempre duas destas unidades em destaque entre dois símbolos geralmente circundados pela mesma estrutura. Há ainda formulações onde as unidades eletrônicas são substituídas por traços entre os símbolos químicos (AQ15), ou mesmo apenas aproximação das unidades eletrônicas.

As explicações textuais remetem a termos como “compartilhamento de elétrons”, “compartilhamento de nuvens eletrônicas”, “poder polarizante”, “estabilidade”, “camada de valência”, “aproximação”, “sem uma localização exata”, “eletronegatividade”. Admite-se ainda, sobreposição de orbitais, como definido por AQ5:

AQ5: A ligação através da sobreposição das órbitas e o compartilhamento desses elétrons no espaço desses dois orbitais

Coexistem ainda descrições dos desenhos assim como discursos de negação dos mesmos, tal como proferido por AQ13:

AQ13: A ligação acontece entre átomos eletronegativos, de maneira que os átomos “compartilhem” elétrons. Mas sabemos que não acontece exatamente um compartilhamento.”

Licenciatura em Física

Os alunos da Licenciatura em Física procuraram enriquecer suas descrições através de estruturas pictóricas. Apenas um dos 19 alunos não fez qualquer tipo de representação da ligação covalente.

Os desenhos remetem à fusões de orbitais (AF1), assim como a agrupamentos de entidades eletrônicas, aproximação de símbolos que representam elementos químicos (AF3), correlação entre entidades eletrônicas através de um traço (AF8) ou mesmo pares de entidades circundados entre símbolos dos elementos (AF2) .

Entre os elementos textuais que acompanham os desenhos são encontrados termos tais como: “compartilhamento de elétrons”, “superposição de orbitais”, “diagrama de Lewis”, “ligação molecular”, “estabilidade”, “formação de substância”, “completar orbitais atômicos”, “camada de valência”, “gases nobres”.

Entre algumas das descrições, encontram-se particularizações para a caracterização do elemento tal como AF2 apresenta:

AF2: É uma ligação forte que ocorre entre ametais e ametais, ametais e hidrogênio

Ou ainda AF12:

AF12: Esse átomo normalmente se normaliza com 8 elétrons na última camada, exceto com o hidrogênio. Normalmente acontece com a família 4A, 5A, 6A, 7ª mais hidrogênio

Uma outra particularidade apresentada, sugere a comparação com gases nobres como em AF19:

AF19: A ligação covalente ocorre quando dois átomos compartilham um elétron de sua camada de valência para atingirem um estado mais estável, como os gases nobres

Apêndice C.3 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 3

Licenciatura em Química

Os alunos da Licenciatura em Química denotam em suas falas redução conceitual do questionamento analisando-o a partir da definição teórica da função de onda. Esta definição teórica ainda é colocada a partir de uma viés puramente instrumental em que AQ9 aponta para a “inutilidade” do mesmo fora do âmbito conceitual da mecânica quântica.

A necessidade do elemento questionado ainda suscita um ideário que revela a instrumentalidade do conceito dentro do quadro teórico em que é colocado no formalismo quântico.

Unidade de Significado		Descrição
a necessidade de uma interpretação probabilística	redução conceitual	AQ2: A importância de Ψ^2 na interpretação da estrutura atômica é que ele indica a probabilidade de se encontrar o elétron no espaço.
		AQ10: Pela teoria o Ψ^2 é a probabilidade de encontrar o elétron no espaço, mas como seleção a interpretação de sua importância não sei dizer.
		AQ11: A importância do Ψ^2 é a probabilidade de encontrar o elétron no espaço. Não sei por que precisamos de tal interpretação
		AQ14: Porque Ψ é a probabilidade de encontrar a posição do elétron.
	redução instrumental	AQ9: De acordo com a teoria quântica, Ψ^2 dá a probabilidade de se encontrar elétron em uma determinada região do espaço. Este conceito é importante a nível teórico, entretanto, para minha vida cotidiana este conceito não é relevante.
	instrumento analítico	AQ1: A importância de Ψ^2 relaciona-se a possível determinação de um modelo atômico mais perfeito.
		AQ4: Eu acho que o Ψ^2 é importante na interpretação da estrutura atômica, pois é ele que descreve a orbital atômica, o formato do mesmo. Exemplo: esférico, halteres. E importante, por exemplo, para explicar ligações químicas
		AQ5: Essa informação é importante para termos um modelo atômico mais consistente, que é a base de tantos outros estudos.
		AQ6: Precisamos dessa interpretação para tentar entender a estrutura do átomo e de como as ligações são formadas
		AQ13: Pelo que me recordo Ψ^2 é a probabilidade de se encontrar um elétron. Isso tem importância para conhecermos, e até “visualizarmos” o átomo e compreender sua natureza, sua relação com as ligações químicas.
		AQ18: Partindo-se do pressuposto de que Ψ^2 é a probabilidade de se encontrar um elétron em uma orbital, aumenta-se a chance de se realizar ligações efetivas entre orbitais atômicos e moleculares com maior eficiência, pois isso é de extrema importância está interpretação, já que tudo gira em função do elétron.

Licenciatura em Física

Para os alunos da Licenciatura em Física a Análise Ideográfica identificou uma postura com relação ao dado questionado que expõe a sua necessidade como estrutura de correção matemática dentro do formalismo da Mecânica Quântica.

A função de onda ainda é colocada como uma referencia representacional da dualidade onda-partícula, ou mesmo a natureza ondulatória do elétron.

Apresentam-se ainda falas referentes ao conceito trazido pelo quadrado da função de onda colocando esta como a probabilidade de se encontrar o elétron.

Unidade de Significado		Descrição
a necessidade de uma interpretação probabilística	correção estrutural	AF2: Como Ψ representa um componente complexo (i), logo ela não representa uma quantidade física, Max Born interpretou Ψ^2 como sendo a densidade de probabilidade (probabilidade de encontrar uma partícula no espaço).
		AF5: Max Born introduziu a interpretação probabilística, visto que a solução da equação de Schroedinger por si só não traz grandes informações. Esta interpretação é fundamental, pois as partículas sempre se apresentam num dos Estados previstos pelo modulo ao quadrado da função de onda. Precisamos dela pra prever os possíveis estados de um sistema.
		AF15: Ψ é uma equação de onda complexa e não possui sentido fisico, já Ψ^2 é a densidade de probabilidade de se encontrar a partícula em algum lugar.
		AF19: A importância de Ψ^2 está no fato – e função de onda Ψ é uma função imaginária, assim não seria possível obter nenhuma grandeza física. Assim o quadrado da função de onda seria um mínimo real, o qual poderia fornecer informações sobre sua partícula.
	refletir a dualidade	AF16: A importância de Ψ é que ela representa o elétron como uma onda e não como partícula, pois é isso que o experimento da dupla fenda mostra o comportamento ondulatório.
	natureza ondulatória	AF11: A importância de Ψ é que ela representa o elétron como uma onda e não como partícula, pois é isso que o experimento da dupla fenda mostra o comportamento ondulatório.

	redução conceitual	AF3: Porque ele nos dá a probabilidade de que um elétron seja encontrado em uma determinada posição do espaço, em um determinado instante de tempo.
		AF6: Ψ^2 se trata da densidade de probabilidade de encontrar a partícula na região proibida.
		AF10: O Ψ^2 nos dá a probabilidade de se encontrar: o elétron num determinado espaço e tempo. Essa é sua importância na estrutura atômica.

Apêndice C.4 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 4

Licenciatura em Química

Os alunos da Licenciatura em Química colocam posições diversas com relação à medida de quantidades no Zero Absoluto. Os alunos colocam idéias que admitem a destruição da natureza, assim como limitações experimentais para se alcançar tal temperatura. Alguns admitem um colapso nas medidas advindo da interferência do aparato experimental, e ainda é possível enxergar argumentos que consideram a ausência da energia como limitante do processo de medida.

Unidade de Significado		Descrição
extrapolação teórica como dado real: medida das quantidades no zero absoluto	destruição da natureza	AQ20: Zero absoluto ou estado absoluto se teoricamente o movimento molecular cessaria não teríamos nem energia nem termodinâmica, e muito menos ligações químicas, o que desestabilizaria os átomos promovendo sua “destruturação”.
	temperatura inatingível	AQ1: Impossível se determinar qualquer valor para estas variáveis, pois não se chegou a esta temperatura e, portanto realizar algum tipo de cálculo.
		AQ12: Como dizia a teoria a matéria teria a posição constante e velocidade nula. Mas nunca foi testado.
		AQ13: Os experimentos relacionados ao zero absoluto ocorrem através de uma extrapolação, pois é muito difícil atingir essa condição experimental, por isso acredito que o que foi falado na questão é uma teoria.
		AQ14: O 0K é conhecido como zero absoluto, mas é de conhecimento que 0°C é 273K, então essa temperatura 0K é uma estimativa teoria, pois na minha opinião não é possível chegar nesta temperatura e também calcular posição e velocidade.
	colapso da medida	AQ5: A velocidade seria possível determinar, porém para determinar a posição seria necessário fornecer energia e com isso a velocidade é alterada. Conclusão, não é possível determinar essas duas variáveis ao mesmo tempo.

		AQ9: Na minha opinião, ainda que se conseguisse chegar no zero Kelvin, ainda assim não seria possível de se determinar posição e velocidade do elétron, por exemplo, pois para isso ocorreria emissão de energia gerando uma excitação e conseqüentemente isto faria com que a matéria saísse do seu estado estacionado.
	ausência de energia	AQ15: Em 0K o movimento molecular é cessado e não acredito que seja possível determinar posição e velocidade.
		AQ19: No estado absoluto todo o movimento molecular cessaria, e com isso a velocidade seria nula, não tendo energia cinética nem termodinâmica. AQ23: A atividade molecular a 0K é nula. A posição e velocidade das partículas não podem ser medidas com precisão absoluta

O aluno AQ7 admite a possibilidade de uma medida completa das quantidades:

AQ7: Considerando a teoria, havendo a parada do elétron, poder-se-ia determinar a posição do elétron, tendo $v=0$.

AQ10, no entanto, utiliza o mesmo recurso para justificar uma posição contrária à de AQ7:

AQ10: Acredito que por estar parado não é possível determinar.

O aluno AQ11 apresenta postura paradoxal com relação ao questionamento:

AQ11: Admitindo que todo movimento molecular cessaria, acredito que seria possível determinar a posição de um elétron, admitindo que a velocidade é 0. Por outro lado, poderia não ser possível quantificar tais medidas

AQ18 admite ainda a possibilidade matemática de manipulação na totalidade dos dados.

Licenciatura em Física

Os alunos de Licenciatura em Física analisados apresentam argumentos relativos ao colapso da natureza, e extinção da matéria nas condições pré-definidas. O Princípio de Incerteza é colocado como elemento que norteia a possibilidade de determinação das quantidades no Zero Absoluto.

A determinação completa das variáveis, considerando-se este um fenômeno coerente faz parte das falas dos alunos da Licenciatura em Física.

Muitas são as falas que definem este como um fenômeno puramente teórico, tendo em vista que experimentalmente não se tem tal estado termodinâmico.

Coexiste ainda a idéia de uma energia residual que corromperia o colapso da matéria admitido por outros alunos como já relatado e que assim impossibilitaria ainda as medidas.

Unidade de significado		Descrição
extrapolação teórica como dado real: medida das quantidades no zero absoluto	colapso da natureza	AF2: Mesmo assim, considerando que o movimento molecular cessaria, haveria o colapso do átomo e conseqüentemente um colapso da matéria
		AF8: Nessa situação a velocidade seria = 0 e o elétron seria atraído pelo núcleo, portanto, impossível, pois não haveria matéria.
	incerteza nas variáveis	AF1: Ao zero absoluto, todo movimento molecular cessa, ou seja, velocidade nula (ou próximo disso). Pelo princípio da incerteza, se tivermos a velocidade bem definida, a posição fica totalmente indefinida.
		AF3: Isto violaria o princípio da incerteza uma vez que, se todo o movimento fosse interrompido, seria possível medir, com certeza, momento (velocidade) e posição.
	determinação efetiva	AF7: No zero absoluto o movimento molecular deixaria de existir, sendo assim a posição e a velocidade de um elétron, por exemplo, não mudaria, seria constante e no caso da velocidade é igual a zero.
	temperatura impossível de ser atingida	AF9: Por não conseguirmos concretizar uma temperatura como zero absoluto. Nesta situação os limites da estrutura da matéria não se cessariam.
		AF13: Se pensarmos nos quarks, acredito que a posição e velocidade dessas estruturas muito pequenas não ficam completamente móveis, e temos também o fato de que não encontramos o zero absoluto, existe?
		AF15: Essa situação não é bem teoricamente. A temperatura OK nunca foi atingida nem observada.
		AF18: Nunca pensei nessa situação. Mas acredito que como essa temperatura é impossível de ser atingida; sempre iremos descrever a posição e velocidade da partícula nos modelos usuais.
	energia residual	AF2: Mesmo com uma velocidade nula, há uma energia de repouso representada por $E=mc^2$.
		AF11: Temperatura é o grau de agitação da molécula, se não existe temperatura, logo não existe agitação (= velocidade). Então não existem interações perceptivos entre as moléculas, os movimentos sempre existirão mas neste caso seriam contínuos
		AF19: De acordo com a mecânica quântica toda partícula teria uma energia do ponto zero, assim levando em conta o aspecto ondulatório da matéria, mesmo a temperatura do zero absoluto as partículas ainda teriam um movimento mínimo devido a esta energia.

Apêndice C.5 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 5

Licenciatura em Química

Quando questionados com relação ao modelo atômico de Rutherford os alunos da Química admitem um ideário para justificar o entrave conceitual de tal modelo a partir de duas vias de maior ocorrência. Estes concebem forças compensatórias que não permitiriam o colapso do núcleo com a eletrosfera. Uma força muito citada é a força centrífuga que compensaria a atração da eletrosfera pelo núcleo.

O não colapso também é justificado através da existência de níveis de energia, que não variam dentro de uma estrutura interna do átomo.

Unidade de significado		Descrição
colapso da matéria no modelo de Rutherford	forças compensatórias	AQ2: A eletrosfera não se colapsa com o núcleo devido a força centrífuga que não deixa os elétrons se “aproximarem” do núcleo.
		AQ4: Esse era o questionamento feito na época, e foi explicado de forma resumida que a força eletrostática é contrabalanceada pela força centrífuga.
		AQ5: Porque ponto a ponto a atração do núcleo pelo elétron e a força centrípeta resulta em um vetor na direção da órbita.
		AQ6: Porque a força que atrai o elétron para perto do núcleo é igual a que afasta
		AQ23: Não se chocam porque tanto os prótons, como os elétrons possuem campo elétrico com sua movimentação, e com a força eletromagnética não se chocam, se movimentam (spins opostos).
	níveis energéticos	AQ1: Segundo o modelo proposto, os níveis de energia são tão bem definidos, que os elétrons ficam presos a estes “níveis de órbita” ou seja a qual região espacial pode se encontrar com o elétron..
		AQ3: Porque os elétrons estão acoplados em níveis de energia diferente. A camada mais próxima é a que está mais atraída pelo núcleo, e nessa camada existem apenas dois elétrons, os elementos que apresentarem mais de dois elétrons, os mesmos estarão divididos em sete níveis diferentes. Com isso a atração é menor e não ocorre o choque do núcleo com a eletrosfera. AQ17: Se um elétron se mantiver em um mesmo nível (camada) ele não perde energia

Licenciatura em Física

Os alunos da Licenciatura em Física admitem o não colapso do modelo de Rutherford justificando-o pela existência de um efeito cinético por parte dos elétrons, que não permitira

tal colapso. A compensação de forças de origem eletrodinâmica também é colocado como justificativa para a ausência do colapso.

Mas admite-se também que o não-colapso só é justificável dentro de um novo nível conceitual

Unidade de significado		Descrição
colapso da matéria no modelo de Rutherford	efeito cinético	AF2: Os elétrons não se chocariam com o núcleo devido a alta velocidade em que eles se moveriam.
		AF7: A eletrosfera não se colapsa com o núcleo, pois o elétron gira em alta velocidade.
		AF8: Alta velocidade de órbita dos elétrons
		AF11: Existe a atração, no entanto ela não é forte suficiente para ser colapsada. Outros aspectos aparecem para manter os elétrons girando. Como por exemplo, a velocidade, energia e outras coisas que eu não sei.
	efeito eletrodinâmico	AF12: Existe a força centrípeta que empurra o elétron para fora e as cargas opostas empurram o elétron para dentro do núcleo, como o átomo é composto de níveis, o pulo dos níveis ocorre apenas com uma determinada energia. Portanto, apesar da força da carga ser maior que a centrípeta é necessário alcançar uma determinada energia para que ela possa mudar o nível e colapsar.
	novo estado conceitual	AF1: No modelo de Rutherford, o movimento do elétron em torno do núcleo faz com que ele irradie e perca energia, sendo atraído pelo núcleo. Admitindo que o elétron não irradie (modelo de Bohr) o colapso do núcleo não faz sentido.
		AF3: Porque o elétron só emite energia em determinadas frequências. Assim, as órbitas posteriormente propostas no modelo de Bohr, são estáveis
		AF5: Segundo a explicação moderna, o elétron tem sua energia quantizada, ou seja, qualquer que seja sua energia, ela deve ser um múltiplo inteiro e não nulo de h . Daí se conclui que os elétrons têm uma energia mínima que os permita transitar a certa distância do núcleo atômico evitando assim o colapso da matéria.
		AF10: Na eletrodinâmica clássica quando os elétrons giravam em torno do núcleo ele irradiava energia e quanto mais ele irradia, mais ele perde energia e mais ele é atraído pelo o núcleo. Porém isso não acontece, ele só irradia em determinadas frequências, portanto a eletrosfera não colapsa com o núcleo.
		AF15: O modelo de Rutherford apresenta dois grandes defeitos, o primeiro é que cargas em movimento e aceleradas emitem radiação e, então segundo esse modelo o átomo deveria emitir radiação o tempo todo; o segundo problema é o descrito acima, os elétrons, deveriam colidir com o núcleo. Experimentalmente esses dois fenômenos não ocorrem e esses problemas não foram resolvidos por esse modelo, eles só foram resolvidos com os postulados do modelo de Bohr.

Apêndice C.6 -Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 6

Licenciatura em Química

A Análise Ideográfica referente ao ideário de alunos da Licenciatura em Química revelou que os alunos concebem o método científico tanto como uma simples enumeração de passos, assim como um elemento orientador de idéias. Ainda encontra-se uma perspectiva que atribui ao Método Científico o status de lógica do processo de construção de ciência.

No entanto admite-se ainda a coexistência de outros métodos numa pluralidade de formas de construção do conhecimento (tentativa; indutivismo, método hipotético-dedutivo), assim como o Método Científico aparece como um elemento que cria dependência entre a explicação e conceitos comprovados.

Unidade de Significado		Descrição
A estrutura do Método Científico	enumeração de passos	AQ1: - Observação do fenômeno ou conceito - Hipótese explicativa. - Metodologia que teste significativamente a hipótese. - Análise dos resultados, confirmando ou negando a hipótese levantada.
		AQ2: Ele é estruturado em observação, hipótese, experimentação e discussão.
	organização de idéias	AQ3: Primeiramente a introdução sobre o que será pesquisado, objetivo da pesquisa, os métodos utilizados, isso inclui os procedimentos. Em seguida um relatório das observações e por fim a conclusão sobre o que foi pesquisado e a relação com a teoria dita na introdução. Esse tipo de trabalho é importante para organizar idéias, dados e conclusões
		AQ6: É que antes de se aplicar algum tipo de atividade é preciso estudar o que se quer alcançar, com que tipo de pessoas vai se trabalhar, o que será necessário fazer para se alcançar o objetivo que se quer, enfim ter uma metodologia programada.
		AQ16: O Método científico deve ser primeiro verificado teoricamente, devemos saber o porquê do assunto a ser explorado. E só então, partiu para a uma conclusão coerente com a observação e a teoria.

	processo dependente	AQ17: De maneira a propor explicações provadas anteriormente, pondo uma dependência da explicação de um fato por conceitos apresentados e comprovados anteriormente.
	processo lógico	AQ4: Observação, levantamento de hipóteses, coleta de dados, elaboração dos resultados, conclusão. Trata-se de uma seqüência lógica para realização de uma pesquisa.
		AQ9: - Observação. - Elaboração de um método para estudar o determinado fenômeno. - Experimentação. - Discussão. - Conclusão dos resultados. Este método é importante para que a ciência não se torne “cozinha” – Tentativa e erro.
	pluralidade	AQ21: Temos vários métodos científicos: método por tentativa onde você começa de algo, ou seja, não pesquisado por ninguém, e a partir disso pode desenvolver um projeto.
		AQ23: Método: indutivo; Dedutivo; Hipotético-Dedutivo. Costumam ser aplicadas nas ciências naturais. Utilizam delas para justificar uma determinada posição pessoal ou social.

Licenciatura em Física

Os alunos da Licenciatura em Física concebem o método como uma enumeração de passos a ser executada. Em muitos casos é admitido que o Método Científico reduz-se à uma forma indutiva de construção do conhecimento. Ao mesmo tempo em que se admite que o método é o instrumento de generalização encontra-se nas falas uma posição que confere ao método o status de reformulador do conhecimento.

Em alguns casos o conhecimento é admitido como produto da “tentativa e erro” em quanto pode-se observar também um pluralismo metodológico no lugar de uma enumeração de passos.

Unidade de Significado	Descrição
------------------------	-----------

A estrutura do Método Científico	enumeração de passos	AF2: Ele pode ser estruturado como: observação; repetição; interpretação; dedução generalização.
		AF3: -Observação, neutra, livre de pressupostos; -Experimentação, repetidas vezes, sob as mais diversas circunstâncias; -Obtenção de dados; -Generalização e elaboração de leis e teorias (indução).
		AF6: É estruturado como: observação; repetição; interpretação; dedução; generalização
	indução	AF1: O método científico é uma proposta para o desenvolvimento da Ciência. Está fundamentado no indutivismo, uma vez que tem a observação como premissa. A partir dos resultados da observação, são derivadas leis e teorias tornadas aplicáveis a todos os eventos através da generalização.
		AF16: O método científico é utilizado pelos indutivistas, onde a ciência é feita a partir de vários observações e após ter feito essas observações se chega a uma conclusão.
	falsa verdade	AF5: O método científico baseia na premissa falsa de que é possível enunciar uma “verdade” científica a partir de um número finito de observações de um determinado fenômeno. Tal enunciação seria feita a partir da generalização de casos particulares reproduzidos em determinadas condições.
	reformulação	AF12: Um dos métodos científico mais aceito é o falsionismo. Uma dada teoria passa por problemas é reformada ou substituída por outra mais aceita, essa nova teoria tem que passar por todos os problemas na qual a anterior não passou. Ela pode ocorrer com os experimentos, a generalização, repetindo várias vezes os experimentos de diferentes formas, a observação e a criação de uma teoria.
	tentativa e erro	:AF13: Experimentação, observação, repetição, dedução e generalização. Ciência é tentativa e erro. A partir da observação e repetição vai se aprimorando até chegar a generalização.
	pluralidade	AF11: Depende de perspectiva epistemológica que você utiliza: -O indutivismo ingênuo, por exemplo: você precisa observar, ter um número grande de amostragem e nenhuma pode confrontar. Já Popper diz que um bom método seria o que mais pode ser resultado. Então depende da visão de cada.

Apêndice C.7 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 7

Licenciatura em Química

A análise ideográfica dos textos concebidos pelos alunos quanto ao questionamento relativo ao método como princípio de validação de teorias encontrou categorias diversas. Enquanto alunos admitem a coexistência de uma ciência advinda de descobertas, encontra-se ainda o método como um elemento orientador de um processo. Uma categoria de forte expressão encontrada é a necessidade de comprovação experimental do conhecimento. Ainda são encontrados relatos do método como um critério de validação, assim como uma unidade de significado relativo ao mentalismo na gênese do conhecimento.

Unidade de Significado		Descrição
Verificação de teorias	descoberta	AQ1: Não, pode ser que um determinado fenômeno pode apenas ter uma explicação descoberta.
		AQ4: Acredito que sim. Apesar da ordem ser importante, os passos podem ser invertidos (apesar de não seguro) como por exemplo os acidentes que podem gerar descobertas.
	elemento orientador	AQ9: Sim, pois iniciar uma pesquisa sem ter um objetivo tem o mesmo sentido de sair do nada para chegar a lugar nenhum no meio científico é necessário ter uma visão inicial.
		AQ21: Acredito que o método científico é uma forma de organizar as idéias, partir de uma receita de bolo, Mas sem isso uma teoria pode ser comprovada.
	comprovação experimental	AQ2: Sim, através da experimentação é possível comprovar algumas teorias, disse algumas, nem todas as teorias é possível comprovar experimentalmente, e com isso, as teorias ficam vagas.
		AQ8: Sim, pois desenvolver e realizar experimentação da teoria auxilia muito na compreensão do assunto discutido e também porque a teoria é comprovada pela experimentação.

		AQ12: É essencial sim, pois como saber que a teoria é correta e verdadeira sem a comprovação na prática. Temos na história, muitas teorias que foram por “Água à baixo” pois quando foram formuladas não foi feito o experimento, e um tempo depois quando essa prática foi feita ou que pelo menos foi tentado se fazer, não deu certo.
	critério de validação	AQ18: Em termos legais sim, também éticos e morais, é óbvio que para se fazer ciência hoje em dia têm-se que seguir os padrões estabelecidos pela comunidade científica.
	mentalismo	AQ23: Concorde – em partes. Pois independente do método científico aplicado, se for o hipotético-indutivo poderá somente ser mentalizado e não ser totalmente aplicado.

Licenciatura em Física

Os alunos da Licenciatura em Física apresentaram múltiplas unidades de significados em seus discursos sobre o método científico como processo de validação de teorias.

Alguns alunos demonstraram a necessidade de se considerar outros métodos que não o “Método Científico”. Elementos de História da Ciência foram evocados para justificar o ideário, assim como o processo de construção da ciência. A experimentação foi evocada como unidade de significado, mas coexiste com a necessidade de se considerar um possível caminho matemático para a validação de teorias.

Por fim encontram-se posições que remetem a um relativismo no consenso de que o método científico é instrumento de validação, ao colocar este como uma ferramenta utilizadas como referência por um conjunto maior para a validação das teorias que pode sofrer auto-corrupção ou mesmo verificar posteriormente outras saídas para o conhecimento construído.

Unidade de Significado		Descrição
Verificação de teorias	outros métodos	AF1: Rigorosamente, não há meios seguros para dizer que uma teoria é verdadeira ou falsa. O método científico, pautado no indutivismo, apresenta falhas de modo que pode haver métodos mais eficazes para corroborar uma teoria.
	argumento histórico	AF8: Não, pois ao longo da H.C. nem sempre o método científico foi seguido para que teorias fossem corroboradas.

AF15: Não, pois vemos na história da ciência que nem sempre o conhecimento científico é construído dessa forma. Inclusive é muito complicado encontrar uma teoria da evolução e construção do conhecimento científico que consiga abranger toda a história.

F04: Não necessariamente, pois há possibilidades de comprová-la por meios que não a experiência, tal como a matemática, por exemplo.

caminho
matemático

F10: Eu acredito que a teoria pode ser comprovada pela experiência, mas não somente por ela. Também é possível comprovar uma teoria por métodos matemáticos quando não se tem aparatos tecnológicos suficientes, como quando a teoria da relatividade foi proposta.

AF5: Sem dúvida nenhuma uma teoria precisa ter alguma relação com a experimentação, porém, isso é diferente de afirmar que ela deva, necessariamente, ser uma generalização feita a partir da reprodução de determinado fenômeno.

relação com a
experimentação

AF12: Sim, a teoria é comprovada através do experimento e o resultado do experimento comprova a teoria. Se a teoria não corresponde com o experimento significa que ela tem falhas

AF13: Sim. É essencial para que seja comprovada, ela precisa passar por testes e experimentações.

AF3: A experimentação é um passo importante para que uma teoria receba um status de “viável” perante a comunidade científica. Mas esta experimentação não é fator definitivo para comprovar ou refutar tal teoria, uma vez que estas experiências são limitadas por fatores, como por exemplo, o desenvolvimento tecnológico da época.

AF6: Não, pois o método científico se trata apenas de uma generalização, não de uma confirmação, pois a teoria sempre está sujeita a erros.

critério relativo

AF14: Acho que não é legal dizer “comprovada” ou corroborada, pois o fato de uma teoria ser testada por um método científico é para ver o quão eficiente ela é até o momento. Assim podemos falar que uma teoria é válida ou não.

AF19: Não necessariamente, há diversos exemplos na física onde o conhecimento científico foi obtido referentemente (insight) e não seguiram os passos do método científico. Acredito que ele nada mais é que um parâmetro para que a ciência possa se apoiar.

Apêndice C.8 - Análise Ideográfica das respostas referentes à questão 8

Licenciatura em Química

A análise ideográfica do ideário relativo às causas do princípio de Incerteza de Heisenberg e sua possível superação coloca duas grandes vertentes. Alunos da Licenciatura admitem que a natureza dual do elétron é a causa do princípio, assim como há a afirmação de que o que se encontra é uma interação entre o observador e o objeto a ser observado, uma limitação instrumental.

Unidade de Significado		Descrição
Limitações ao conhecimento segundo Heisenberg	dualidade partícula-onda	AQ1: A limitação se dá na capacidade de o elétron ser dual, e a matéria.
		AQ13: É limitado pela dualidade do elétron (que se comporta em momentos como partícula e outros como onda).
		AQ20: Essa medida é limitada pelo comportamento dual do elétron, ora como partícula, ora como onda
		AQ23: Acredito que é devido ao comportamento dual do elétron (partícula/onda).
	limitação instrumental/interação experimental	AQ4: Para você determinar a posição você precisa diminuir a velocidade, ou seja alterá-la (zero absoluto, seria uma alternativa). Para você determinar a velocidade precisa fornecer energia, o que afeta ainda mais o posicionamento, ou seja, ainda não é possível determinar os dois ao mesmo tempo, talvez possa ser desenvolvido um equipamento que consiga, mas não sei como.
		AQ5: O fornecimento de fótons para determinar a posição altera a energia e consequentemente a velocidade. Acredito que será superado este problema, mas não sei como.
		AQ9: Na minha opinião não tem como superar este problema, pois mesmo que um determinado material esteja no zero absoluto, ou seja, sem qualquer tipo de movimento, material que será utilizado para a análise do material sem movimento enviara energia a este material e este passaria a ter novamente energia tornando impossível a análise da posição e momento simultaneamente.
		AQ12: O elétron se movimenta através da órbita, para medir a posição é através da energia da energia liberada pelo eletro quando ele muda de órbita, mas nesse ponto não é possível medir velocidade, e quando se mede a velocidade do elétron não consegue-se medir a posição, pois o elétron não fica em uma única posição. Na minha opinião, isso nunca será superado.

Encontram-se ainda diversos casos em que a justificativa se dá a partir de um processo de “retro-alimentação” da pergunta, no qual o aluno usa a pergunta como resposta, justificando-a em alguns casos a partir da equação definida por Heisenberg, como em AQ16:

AQ16: De acordo com a equação de Heisenberg, quando conhecermos a velocidade não saberemos a posição e vice-versa. Ao sei se o problema poderá ser superado.

O aluno AQ17 expõe ainda um caráter de limitação baseado nas propriedades cinéticas do problema:

AQ17: Lógico que não, estamos falando em velocidade da luz (300.000 km/s). Como comprovar a posição de uma partícula com está velocidade?

Licenciatura em Física

O ideário encontrado nos alunos da Licenciatura em Física admite duas grandes categorias de maior expressividade, com justificativas baseadas na natureza e elementos relacionados à medida das quantidades.

Unidade de Significado		Descrição
Limitações ao conhecimento segundo Heisenberg	natureza	AF1: Acredito que seja uma característica intrínseca da natureza, consequência natural das deduções matemáticas
		AF4: Limita o fato de que quando nos referimos a posição estamos tratando da luz como de origem corpuscular , e já quanto ao momento, estamos tratando a luz como de origem ondulatória.
		AF5: O que limita é o caráter ondulatório. A onda é um fenômeno não local por assim dizer. E na interpretação moderna o elétron seria uma espécie de pacote de ondas.
		AF10: O que limita essa medida é o comportamento dual onda/partícula, pois o pacote de onda não é bem definido, não sendo possível determinar ao mesmo tempo e com precisão máxima a posição e o momento.
	medida	AF2: O que limita esta medida é o fato do elétron ser uma entidade quântica e quando há uma medição sobre uma entidade quântica a mesma sofre uma perturbação, quebrando o que chamando de coerência quântica.
		AF3: O modo de interação com o elétron. Para a medida de um grandeza interfere na medida da outra.
		AF8: Os métodos de medida limitam a precisão de encontrarmos a posição e a velocidade da partícula.

		AF15: O princípio da Incerteza é um problema da própria medida, ele significa a interferência que a medição causa ao sistema, por exemplo, para enxergarmos um elétron, precisamos atingi-lo com um fóton, segundo a teoria atual, provavelmente não será resolvido.
--	--	---

Apêndice D.1 - Análise Ideográfica das Falas dos Alunos da Licenciatura em Química durante a Aula Proposta.

Inicialmente os alunos foram questionados quanto à relação entre as disciplinas teóricas e experimentais no curso de Licenciatura em Química. Segundo AQ9 há arquitetura entre as duas áreas no curso, mas há momentos em que se tem toda a teoria e posteriormente a aula prática.

AQ9: Assim...que nem... sempre foi relacionado a parte teórica com a parte experimental. Quer dizer sempre não, não, algumas partes, por exemplo, orgânica, você tem toda a orgânica primeiro para depois ter o laboratório

No entanto esta existência não admite uma relação intrínseca entre as duas áreas, expressando AQ9 que os professores não trabalham em conjunto.

AQ9: Talvez se você tivesse tido os dois em conjunto acrescentaria mais, algumas materiais, como química geral, inorgânica você tem um pouco junto, ainda assim, o que acontece muitas vezes na faculdade é que um professor da a parte teórica, o outro a experimental, então fica, cada um da o que quiser e o que acha que é pra ser dado.

Para AQ9 a experimentação é a visualização do conteúdo teórico:

AQ9: Porque você está visualizando aquilo, você não está ficando só na teoria

AQ6 concorda com a posição de AQ9, admitindo que a prática é um “facilitador” para os conceitos teóricos.

AQ6: Se você vê na pratica, o que você vê na teoria é mais fácil, você conseguir... é... ligar a teórica com a pratica dá uma diferença grande; que às vezes você não consegue ver na teoria mas se você olhar na pratica você consegue, ou as vezes você, é o contrario, você não consegue enxergar na prática, na teoria você consegue...

Para AQ4, a prática é um facilitador não somente no ensino universitário, mas no ensino médio também, de forma que a experimentação é uma forma de se “enxergar” os conceitos, contudo, admite que não houve articulação entre teoria e prática em suas aulas na universidade:

AQ4: Eu acho que quando você mostra, que nem AQ6 estava falando, quando você mostra na pratica, é... não só nós, mas os alunos do ensino médio, eles conseguem ter uma interpretação melhor sobre aquele assunto, eles visualizam aquilo {trecho ininteligível}, partir do momento que você mostra pra ela, aqui macroscopicamente, eles conseguem compreender melhor, e assim que acontece na universidade né.. é.. não acontece essa, as duas coisas ao mesmo tempo, uma hora é uma coisa, outra hora é outra, que o igual o AQ9 falou tinha química geral, tinha teórica e tinha laboratório, só que acontecia que eram professores diferentes, então talvez o assunto que a gente via na pratica, não era visto na

teórica então ai ficava, e ai né?, o que realmente era é pra ter visto na pratica? e na teórica? se eu tivesse visto realmente na pratica, não teria sido melhor?

Após a leitura do textos os alunos foram levados a discutir suas impressões em relação ao desenvolvimento da Mecânica Quântica e a relação teoria/experimentação dentro deste corpo de conhecimento.

Neste sentido AQ13 admite que são estudos importantes pois estão relacionados aos objetos de estudo de muitos contextos mas que uma visualização é impossível, admitindo ainda que sabe existir experimentos relacionados aos conceitos da Mecânica Quântica, mas que eles não foram realizados durante o curso.

Neste momento os alunos relatam que alguns participaram de uma disciplina específica sobre Mecânica Quântica oferecida à eles.

Segundo AQ10 as aulas se restringiram à “matrizes” para as quais ela não encontrou nenhuma relação com outros elementos que deveriam ser trabalhados. AQ6 ainda relata que as matrizes seriam instrumentos para análises relativas à geometria de moléculas mas que tal discussão não fora realizada.

AQ6: Eu particularmente não consegui relacionar nada com nada! Para mim não tem serventia não!

A aluna AQ6 relata ainda que a relação com o contexto histórico dos conceitos relativos à Mecânica Quântica não foi trabalhado:

AQ6: Eu acho que foi um conhecimento que não foi repassado para a gente! Para mim eu não entendo nada!

Quando questionado com relação à importância destes conceitos para a interpretação dos conhecimentos da estrutura da matéria em química AQ6 relata pensar que estariam por trás do que se aprende no curso, como uma base, mas que não teriam lhe dado tal base. AQ10 relata sua indignação com relação às disciplinas de contexto histórico e filosófico dentro do curso, à forma como foram utilizadas, e admite que o curso específico oferecido aos alunos teria sido uma série de cálculos envolvendo matrizes concluindo de forma negativa:

AQ10: Onde a gente ligou a matriz com a Química Quântica? Não sei!

AQ18 toma a palavra para relatar sua posição com relação à questão colocada quanto ao contexto histórico e a relação entre teoria e experimentação na Mecânica Quântica. Para

ele a natureza seria fruto das interações dos elétrons e as reações químicas rearranjos destes de tal forma que a Mecânica Quântica seria o corpo teórico associado a tal visão.

AQ18 ainda relata que os conceitos relativos à Mecânica Quântica teriam se restringido à disciplina de Química Inorgânica onde teriam sido visto os desenvolvimentos do Princípio de Incerteza e a Teoria Ondulatória de Schroedinger.

Os alunos foram então questionados com relação à experimentação no nível microscópico, nos limites da estrutura da matéria. Para AQ18, a experimentação apresenta um caráter matemático:

AQ18: Cálculos, cálculos e probabilidades!

Para AQ1 tal experimentação se dá sempre no nível macroscópico e que a mecânica quântica seria uma base teórica, uma ferramenta para a interpretação dos fenômenos, a interligação entre teoria e experimentação

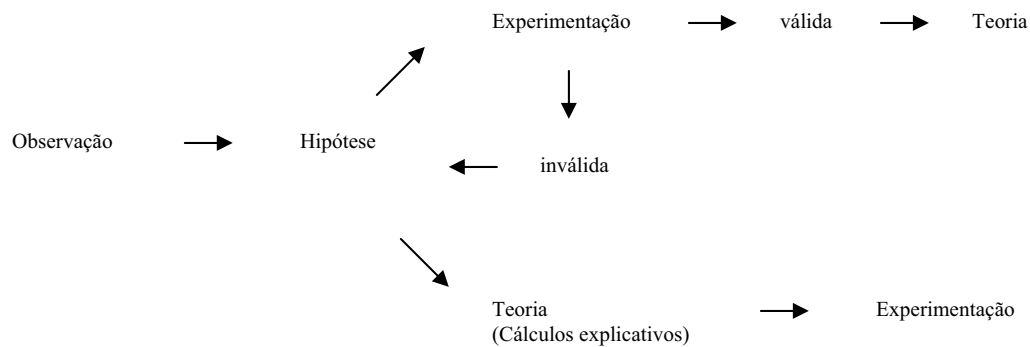
AQ1: Para explicar a parte macroscópica da coisa, tem que entender o microscópico através... dos cálculos!

Para AQ1 então a interpretação do mundo macroscópico se daria através da análise do mundo microscópico através da “ferramenta matemática Mecânica Quântica”

Complementando o comentário de AQ1, AQ18, citando a emissão de fóton, afirma que então se “sai da teoria clássica” e que para ele a Mecânica Quântica se restringe á cálculos de probabilidades.

Posteriormente à discussão os alunos foram levados a organizar uma estrutura procedimental para o Método Científico de forma consensual.

A estrutura construída pelos alunos parte de um início comum subdividindo-se posteriormente em dois caminhos que admitem então processos de retro-alimentação ou ajuste, conforme o esquema abaixo:



Com o contexto de produção de conhecimento discutido entre eles a atividade proposta é então apresentada e o problema é então colocado.

Inicialmente, os alunos apontam para o problema da impossibilidade de abertura do sistema. No entanto observa-se em AQ1 uma postura adversa ao contexto geral:

AQ1: Agora, com o que a gente tem na mão não dá para saber, mas tem jeito de saber!

Quando questionado em relação aos meios que possibilitariam a solução do problema, AQ1 menciona a utilização de um aparelho de raios –X. Quando confrontado com a condição do contexto científico admitir um contexto histórico e que outras teorias haviam sido defendidas sem uso de um aparelho de raios-X, os alunos adotam então a utilização de seus sentidos físicos.

Os alunos então interagiram com o sistema experimental proposto (a “atividade pedagógica do não”) sendo orientados a utilizar os esquemas propostos para a solução do problema colocado como alvo da aula. As discussões levantadas por eles são apresentadas a seguir.

Um primeiro aspecto apresentado é uma “estranheza” com relação ao sistema proposto. Segundo AQ6 a atividade promove consternação:

AQ6: “Dá um pouco de nervoso inclusive”

Enquanto AQ6 define o problema como uma limitação dos sentidos, AQ10 explora uma abordagem probabilística para o problema:

AQ6: “Dá um pouco de nervoso não conseguir enxergar dentro!”

AQ10: Ela tem uma probabilidade de tá em qualquer lugar do espaço dentro da caixa

A discussão prossegue abarcando o problema da observação do sistema e a limitação imposta pela não abertura da caixa, mas AQ7 revela uma preocupação com as condições físicas de produção dos dados:

AQ7: Depende das condições, mas as condições, mas nossas condições de gravidade... as nossas condições de...de...de....de pressão, tudo isso influencia ali, se a gente tiver com gravidade zero a gente pode considerar o volume todo da caixa se não, só a parte de baixo.

Partindo de pressupostos semelhantes aos de AQ7, AQ20 faz uma análise relativa às condições impostas pela pergunta realizada.

AQ20: Se tem uma posição exata quer dizer que tem alguma coisa dentro da caixa

Ainda assim admite que a experimentação tenha limitações para o sistema proposto.

AQ20: Afirmar com certeza... é difícil, porque pela pergunta a gente sabe que tem alguma coisa dentro, mas não sabe a situação que ela está, mas depois que fizemos o experimento, uma solta, uma no meio e uma sem nada, mas sem esses experimentos a gente não consegue chegar nessa conclusão.

Para AQ1 o problema inicial não faz sentido até que o sistema seja perturbado, consequentemente apoiando-se em elementos de atomística para justificar a necessidade de tal perturbação:

AQ1: Do jeito que ela tá aí, ela não sofreu alteração nenhuma, não tem fenômeno nenhum acontecendo, enquanto estou olhando para ela, pra... pra este experimento. Eu tenho que causar o fenômeno, alterar o sistema pra que eu possa ver o que está acontecendo.

Logo em seguida é confrontado com o problema de obter dados de um sistema alterado enquanto o questionamento se colocava em relação a um estado anterior à perturbação:

AQ1: Mas aí o sistema foi alterado, então... mais aí, pra você testar onde está um átomo, para você testar onde está qualquer coisa você tem que criar um fenômeno

Para definir a posição da esfera para um dos problemas em particular AQ20 parte de uma articulação espacial utilizando coordenadas além de condições físicas:

AQ20: A bola no centro. Não! No caso, menos um no eixo z por causa da ação da gravidade ela estaria no chão.

Ao abarcar a discussão sobre a relação entre a experimentação e a teoria para o problema proposto, AQ1 admite que este somente seria resolvido se o sistema fosse “desmontado”. Segundo ele ainda, os dados matemáticos são arquitetáveis.

AQ1: Pra você entender como um cérebro funciona você arranca ele da cabeça de uma pessoa, você arranca e faz o teste.

AQ1: Mas os dados são as informações matemáticas que vão me responder.

AQ1: No meu caso por exemplo, se explica. No meu caso, um experimento de medicina, você explicar como um determinado sistema funciona, o que os caras fizeram, antes de pegar, colocar... raio, um monte de aparelho, eles desmontaram uma pessoa inteira, que foi o que aconteceu, testaram até com a pessoa viva, mataram ela, e o fígado funciona desse jeito. Na minha opinião para esse sistema devido a sua complexibilidade, eu só ia conseguir definir exatamente, se eu desmontasse o sistema inteiro, remontasse ele para explicar o sistema inteiro.

Contudo contra a opinião de AQ1 insurge o posicionamento de AQ18 evocando um problema relativo ao estudo do átomo, propondo em seguida para a atividade uma correlação com o Princípio de Incerteza de Heisenberg:

AQ18: Como é que você desmonta um átomo?

AQ18: Ele está tentando chegar na mesma idéia do Princípio da Incerteza.

AQ1 defende a posição de que a metodologia proposta não é capaz de trazer os dados necessários para o problema em questão. Contra esta posição AQ7 pressupõe uma limitação de ordem maior:

AQ7: Mas será que nós estamos usando o necessário pra gente montar isso?

AQ7: Pode ser que ele esteja limitado no nosso pensamento, ou coisa assim...

Para justificar tal posição AQ7 cita o experimento de Rutherford e a não “paupabilidade” dos dados e do modelo, com relação ao objeto de análise do modelo.

Apêndice D.2 - Análise Ideográfica das Falas dos Alunos da Licenciatura em Física durante a Aula Proposta.

O alunos da licenciatura em Física relataram que durante o curso tiveram 5 disciplinas experimentais ou “de laboratório” entre elas uma ligada à Física Moderna Experimental. Ao serem questionados com relação a relação entre as aulas experimentais e as aulas teóricas dentro do curso, os alunos demonstram interesse e declaram achar importante as aulas experimentais dentro do curso. O modelo de aula experimental segundo AF13 é o de comprovação do conteúdo das aulas teóricas:

AF13: Da aula experimental, pra você verificar a teoria, você esta vendo ai, pra ver a verdade, que aquilo existe!

O aluno AF9 concorda com tal opinião admitindo que a aula experimental demonstra a “realidade”:

AF9: Se por exemplo o professor chega aqui e fala, aqui é assim é assado, funciona assim, o que a gente vê na pratica, quando a gente ta com a mão na massa é diferente, a gente vê que aquilo lá existe, é um fenômeno, a gente está presenciando, eu concordo com meu amigo

No entanto, ainda que admita-se a aula experimental como verificação dos conteúdos teóricos, os alunos relatam as limitações de tal modelo embasando-se nos problemas de alguns experimentos e nos valores encontrados para os erros nas medidas e nos dados coletados:

AF2: Tem vez que a gente consegue, da muito erro no experimento que a gente faz, então não é algo tão perfeito como a gente vê na teoria.

AF2: Ah depende do experimento, tem experimento que a gente fez, um barômetro de mercúrio dava 400% de erro, o pessoal até abandonou o experimento, mas assim, tem experimento que da uma margem de erro muito pequeno, então a gente atribui a fatores sei lá, atmosfera ou algum erro na observação.

Para AF2, a presença do erro é uma consequência de má proposição no experimento:

AF2: Então eu acho que foi mesmo, seguindo o roteiro do experimento na seqüência lá das medidas, porque quase todo mundo teve um erro muito grande, então acho que não, focado na questão da observação de cada grupo, todo mundo obteve quase a mesma coisa, ou então é algum problema mesmo no experimento lá, que estava formalizado ou no roteiro, na maneira que as medidas têm que ser tiradas.

Assim, para AF13, o erro, no procedimento experimental deveria promover o descarte de tal aparato experimental ou revisão do modelo procedimental.

AF13: Ah eu ia falar que, que assim, que ele falou, assim que todas as bancadas deram erro de 400%, ou todo mundo é bem devagar para fazer os experimentos e a professora tem que rever o jeito que ela ensinou para fazer o experimento ou o experimento é realmente desprezível, e você tem que mudar o experimento, ou colocar outra coisa na grade, tem tantas coisas que pode ser feita, porque insistir naquele experimento que dá errado.

Durante a aula, os alunos ainda indicam a dificuldade de coordenação entre as aulas teóricas e experimentais. Em alguns casos as aulas experimentais utilizavam conceitos ainda não trabalhados nas aulas teóricas. Segundo AF13:

AF13: Às vezes a gente chegava até fazer experimentos antes de ver conceitualmente.”

AF16 relata uma tentativa de articulação entre teoria e experimentação na disciplina Física 2

AF2: Em Física 2 os professores tentaram uma coordenação entre as aulas mas não foi eficiente

Segundo AF16, o modelo implementado, somado a ineficiência desta articulação geraram problemas para o desenvolvimento dos temas:

AF16: Eu achava problema sim, porque tinha que seguir o experimento, exigia que seguisse uma receita de bolo, tinha que seguir isso, isso e dar aquilo, agora se a gente não entrou no conceito ficava meio difícil.

O mesmo aluno revela ainda o caráter pragmático das aulas experimentais dentro deste contexto:

AF16: Você pega uma receita e segue, se der certo, deu, se não deu acabou.

Já AF8 coloca que o caminho via experimentação para a construção de conceitos não foi utilizado pelos professores:

AF08: Se a idéia era chegar num conceito a partir de um experimento, fazendo uma dedução lógica que seja, isso aí raramente foi feito assim!

Para AF13 o experimento é um artifício para chamar a atenção para os conceitos científicos em sala de aula. No entanto admite ainda que o professor é quem deveria “arrumar o experimento” quando este gera erros consideráveis, colocando que nestes casos ainda, os alunos forjam dados para compensar tais erros no processo de avaliação.

A leitura do texto gerou outras discussões relativas ainda à teoria versus experimentação, todo o contexto e suas articulações.

Quando questionados quanto ao aspecto de senso comum da Mecânica Quântica ser um corpo de conhecimento estritamente teórico, fechado a formalismos matemáticos, apenas 3 alunos contestaram tal posição.

AF05: Não, é...a mecânica quântica por si só é uma teoria bastante difícil de se enxergar, até o professor de relatividade fala, ninguém entende ao certo, a gente fica discutindo essas coisas tal, e passa de certa forma a aceitar, mas, é, ninguém consegue entender com profundidade o significado dessas coisas, mais daí a dizer que se restrinja a teoria é um pouco, pouco de exagero, porque nas aulas de física moderna a gente, não foi numa aula excepcional, tal, mas foi, o professor sempre tentava fazer uma relação, falava do experimento de como foi deduzido e como às vezes ele comentava também, que algumas soluções lá, tinham sido tiradas da manga e tal, porque não tinha meios de explicar.

Para AF13, o aspecto matemático é predominante, o que ele considera a partir de uma impressão descompromissada, já que não é aluno da disciplina. Para AF1, o elemento matemático é importante dentro de um contexto de “ferramental” teórico que então daria abertura para a conceituação.

AF13: Olha que eu não estou fazendo matéria com eles, eu acho que é extremamente matemática, quando eu olho pela janela, de fora da sala deles olhando pela janela, acho extremamente matemático.

AF1: É realmente ela tem momentos que predomina a matemática, às vezes você até se perde no conteúdo, o que eu estou fazendo na verdade? Mas é, é até você retirar ferramentas pra você poder entender os fenômenos, então, a gente passou por um momento na disciplina, que realmente foi predominantemente matemática e agora depende da conceituação.

Ainda que os alunos admitam discussões filosóficas para o contexto da Mecânica Quântica, segundo AF1 o contexto matemático foi privilegiado nas aulas, e segundo AF05, foram suscitadas análises relativas ao aspecto probabilístico da teoria:

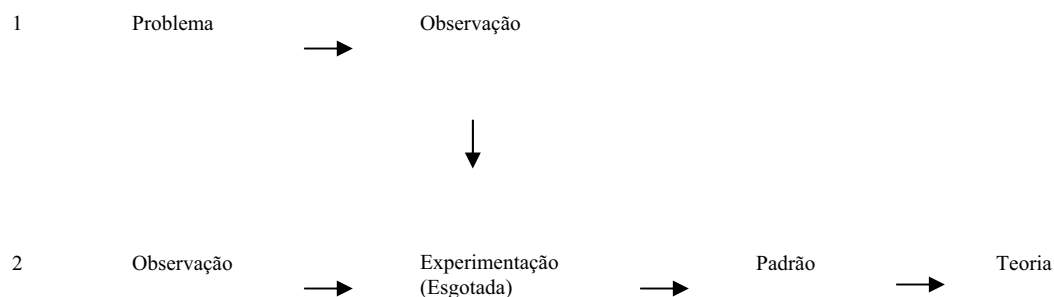
AF1: Eu lembro que teve uma questão que o professor colocou que tinha toda uma interpretação filosófica da física moderna e que na nossa, o que a gente viu na, é abordagem que foi feito, a gente foi mais pro lado da matemática, não da fenomenologia., assim, sei lá.

AF05: Essa discussão se não me engano, foi em torno de determinismo...

AF05: Eu acredito que sim é... não é, não é, como a gente colocou, é é é...grande questão teórica ai, é a mudança do determinístico para o probabilismo, você não tem mais, por exemplo, é... as equações de Newton lá, você olha e, como o professor comentava com a gente na aula passada, você tem a impressão de que você pode prever o estado futuro, e pode dizer alguma coisa do passado de um determinado sistema, na Mecânica Quântica, você tem uma mudança de paradigma, você não sabe mais dizer com certeza o que está no

futuro, você tem estas coisas mais em termos de probabilidade, mas eu acho o ferramental matemático poderoso e acredito que ele dá conta.

Posteriormente à discussão os alunos foram levados a organizar uma estrutura procedimental para o Método Científico de forma consensual. A seguinte estrutura foi colocada por eles podendo partir de dois caminhos distintos mas que chegavam a um mesmo fim.:



Ainda que tenha sido construído tal esquema para o Método Científico de forma consensual, AF5 coloca uma certa relatividade dentro do formalismo:

AF5: Essa só foi uma resposta da pergunta que ele colocou, isso aí é um modelo genérico, mas não que as coisas vão ser desta forma.

Sendo partidário do caminho nº 2 proposto, AF5 justifica tal estrutura colocando uma postura neutra do cientista, que seria guiado pela experimentação:

AF5: Ali quando ele começa o método científico pressupõe-se que não exista nada no início, eu não esperava nada no início, eu comecei com observação o que vai ocorrer e a partir daí, anuncia as lei.

Os alunos então interagiram com o sistema experimental proposto (a “atividade pedagógica do não”) sendo orientados a utilizar os esquemas propostos para a solução do problema colocado como alvo da aula. As discussões levantadas por eles são apresentadas a seguir.

O aluno AF11 demonstra certa indignação com o sistema proposto, admitindo uma hipótese teológica para o aparato:

AF11: Quando a gente pega a caixa tinha uma noção de que era Deus, se é que a gente consegue provar, já que tem ou alguns não, mas depois com o tempo, a gente começou a perceber que tem um bendito elástico dentro de uma caixa.

O problema central do aparato experimental segundo AF11 é não poder enxergar o interior das caixas, isso limitaria todo o contexto da pergunta colocada, mas relata que a experimentação não fora totalmente esgotada. No entanto AF13 admite que mesmo esgotada a experimentação sobre o sistema ele não conseguiria inferir uma solução para o problema:

AF13: Talvez eu seja mais devagar que todos, mas, não, não sei, eu acho que eu não vou saber, é simples, não tem como saber!

Para o aluno AF11 a esfera procuraria o ponto de menor energia dentro da caixa, referindo-se ao sistema 2. Já AF13 relata concepções bem definidas para cada um dos casos como se percebe nas falas:

PP: O que você achou sobre a 1ª caixa?

AF13: Que não tem bolinha nenhuma. O único barulho que faz é do durex!

PP: E na 2ª caixa?

AF13: Tem uma bolinha solta, a agente sabe que ta num plano, mas não sabe onde está. E a 3ª caixa tem uma bola maior presa numa mola, quando você chacoalha você escuta o barulho e uma bola bem pequena, uma bolinha bem pequena, que vai estar na parte plana e a parte da mola esta na ponta de cima.

Diferentes impressões e posições foram encontradas para os alunos quando questionados quanto ao cerne do problema da atividade experimental realizada:

AF03: Ahh esta é a mais bizarra e nós pensamos que há algum objeto elástico, uma mola, um sistema massa mola, conforme você balança ela bate nos lados [...]

AF11: Não poder abrir a caixa

AF05: Eu acho que o nível de observação que a gente está utilizando está limitado.

AF13: Você garante que tem uma bolinha dentro da caixa?

AF11: Mas quando tem um problema você fala assim: o negócio é o seguinte, aqui tem uma bolinha, você já sabe que você tem uma bolinha, e eu não sei como eu vou definir tal coisa.

Quando confrontado com o esquema de Método Científico proposto pelos próprios alunos e com as limitações impostas pelo aparato experimental e os resultados obtidos por eles AF5 relativiza novamente o esquema construído:

AF5: Isso na resposta do que seria o Método Científico, não que a gente creia que seja o ideal."

Numa tentativa de encontrar um outro caminho é sugerido então que se comece por uma teorização ao invés da experimentação. Ao tentar partir de um corpo teórico para o desenvolvimento “AF03” admite que isso não seria Método Científico.

Colocando em xeque as limitações dos sentidos para as constatações empíricas, e a constante colocação dos alunos de que o problema seria “não enxergar o interior das caixas” ou “não poder abrir as caixas”, é sugerido então que se analise o elemento fundamental de estudo da Termodinâmica, o calor, sugerindo-se que este jamais fora “aberto”. Quanto a esta colocação AF11 procede de forma negativa:

AF11: Calor é calor, caixa é caixa.

AF13 admite que sentidos mais apurados poderiam solucionar tal problema colocando um caso de conhecimento pessoal ligado ao seu cotidiano ao mencionar a audição de um cego:

AF13: Porque ele tem uma audição mais aguçada. Tem um cara que vende bilhete lá na cidade, a gente vai chegando perto dele, ele já oferece de longe, e ele olha na sua cara como se ele tivesse vendo você, falando sério!

Seguindo na discussão AF5 expõe sua visão de limitação do status de uma teoria ao admitir que “verdade” não é um pressuposto válido para a ciência no contexto atual:

AF5: É o seguinte, a gente ta pressupondo aí em que a teoria que vai formular, tem que nos dizer uma verdade absoluta a respeito da posição da bolinha. É... modernamente a teoria a gente sabe que não é uma descrição que a gente chamaria aí há uns tempos atrás de uma verdade absoluta, ela é um modelo de descrição da realidade, ela pode ser mais adequada ou menos adequada.

Apêndice E.1 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo Q1: AQ7 e AQ18.

Unidade de Significado	descrição
objetivo	Desenvolvimento de um modelo teórico, segundo uma metodologia científica partindo do princípio da observação, seguida da experimentação, da formulação de hipótese e por fim da escrita.
caminho	[...] isso levaria aos integrantes do grupo uma noção do espaço interno ocupado por cada esfera e , também quanto ao material de que eram feitas as esferas.
sincretismo	Tais situações são fonte de um vasto número de idéias e teorias, porém, o grupo teve que apresentar a sua, através do sincretismo [...]
resultados	[...] o diâmetro da esfera coincida com a lateral do cubo 1, [...]
	Se a esfera está presa, sua posição estaria diretamente relacionada ao comprimento e da quantidade de amarras, podendo então, ocupar qualquer lugar no espaço do cubo 2 [...]
	[...] com volume menor eu po volume do cubo 3, constatou-se tamném que a mesma percorria o espaço do cubo livremente.
relação volumétrica	De um modo geral, nos três casos, o grupo concluiu que a posição da esfera em cada cubo está na relação entre o volume do cubo e o volume da esfera.
probabilidade	Portanto,a posição exata não se pode determinar, o que se pode determinar é a probabilidade dessa esfera ocupar um certo volume [...]

Apêndice E.2 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo Q2: AQ2, AQ4, AQ5, AQ8 e AQ20.

Unidade de Significado	descrição
subjetivação	Entretanto o método científico é algo mais subjetivo, ou implícito, do modo de pensar científico do que um manual com regras explícitas sobre como o cientista, ou outro, deve agir
cartesianismo	O método científico como conhecemos hoje foi o resultado direto da obra de inúmeros pensadores que culminaram no "Discurso do Método" de René Descartes
objetivo	Aplicar um método científico através de uma simples prática com uma esfera e uma caixa
resultados	[...] supomos que não havia nenhuma esfera na caixa ou então que era uma bola do tamanho exato da caixa, o que não era possível realizar nenhum movimento dentro da caixa. Então a posição exata da esfera seria o centro da caixa.
	Na segunda caixa, a caixa intermediária, a esfera estava solta, portanto a 'posição exata da esfera iria depender do referencial tomado. A esfera também poderia estar no centro da superfície de cada aresta, porém não é uma possibilidade certa pois seria necessário equilíbrio para fazer a esfera estacionar exatamente no centro.
	Para a terceira caixa, ao movimentar a caixa com força foi possível mover a bola, pois ela estava presa no centro da caixa com elástico para que após o movimento sempre voltasse a sua posição inicial.

perturbação	Na presente problematização, não pudemos prever a posição exata da esfera na caixa sem perturbar o meio alterando assim a condição inicial.
-------------	---

Apêndice E.3 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo GrupoQ3: AQ13, AQ14 e AQ19.

Unidade de Significado	descrição
regras básicas	O método científico é um conjunto de regras básicas para desenvolver uma experiência a fim de produzir novo conhecimento, bem como corrigir e integrar conhecimentos pré-existentes.
contexto sociológico	[...] bem como coloca as hipóteses em um conjunto de conhecimento maior que são as leis e teorias reconhecidas consensualmente pela comunidade científica e/ou o paradigma de seu tempo.
imparcialidade	[...] o cientista deve ser imparcial [...]
matematização	É comum o uso da análise matemática ou estatística [...]
objetivo	Determinar a posição inicial e o tamanho da esfera contida em cada caixa.
resultados	[...] aparentemente a primeira caixa não possuía nenhuma esfera {...]
	Na segunda caixa, detectou-se que havia uma esfera solta dentro [...]
	Na terceira caixa, notou-se que existia uma esfera presa por molas, mas seu tamanho e posição não foram exatamente determinados.
ineficiência	O método utilizado não foi totalmente eficaz [...]

Apêndice E.4 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo Q4: AQ1, AQ6, AQ9, AQ11, AQ14, AQ15, AQ16, AQ17, AQ21, AQ22.

Unidade de Significado	descrição
lógica	Para muitos autores o método científico nada mais é do que a lógica aplicada à ciência.
contexto sociológico	[...] bem como coloca as hipóteses em um conjunto de conhecimento maior que são as leis e teorias reconhecidas consensualmente pela comunidade científica e/ou o paradigma de seu tempo.
imparcialidade	[...] o cientista deve ser imparcial [...]
matematização	É comum o uso da análise matemática ou estatística [...]
ferramenta	A Química Quântica é o ramo da Química que, usando as ferramentas da Mecânica Quântica, visa explicar e prever [...]
postulados	A mecânica quântica fundamenta-se numa série de postulados firmados sobre uma base matemática abstrata, nascida da generalização dos fenômenos quânticos [...]
influência sobre o elétron	Nenhum instrumento pode "sentir" ou "ver" um elétron sem influenciar intensamente o seu movimento.
objetivo	Verificar se há esferas, e sua posição exata dentro das três caixas expostas sobre a mesa visando um método científico fazendo alusão à experimentação da química quântica.
incerteza	A relação quantitativa entre a precisão de cada medida é descrita pelo princípio de incerteza de Heisenberg
dedução inconsistente	[...] não houve subsídios suficientes para que a dedução seja concreta.

Apêndice E.5 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo F1: AF1, AF5, AF11, AF12 e AF14.

Unidade de Significado	Descrição
objetivo	determinar a posição inicial da bolinha dentro da caixa
informação plausível	A única informação disponível e plausível num primeiro momento era a de que havia uma bolinha em uma das caixas.
condições específicas de manuseio	Agitando as caixas com mais intensidade, começamos a notar a existência de algum objeto que só interagira sob condições específicas de manuseio.
fugir do objetivo	Acabamos fugindo um pouco do objetivo do experimento na tentativa de desvendar o interior das caixas
conclusões	uma das caixas continha uma bolinha livre, portanto era impossível determinar sua posição inicial.
	uma das caixas continha uma bolinha presa por elásticos, porque oferecia mais resistência à emissão de som quando agitada a caixa
	uma das caixas continha uma bolinha envolta numa massa (algodão) que dificultava sua colisão com as paredes da caixa. A determinação da posição inicial não era possível.
questão importante	Uma questão importante por nós desconsiderada foi o fato de que a posição inicial da bolinha foi perdida desde o princípio, na entrega das caixas. Isso recorda um princípio físico básico que é a interferência da medida no resultado obtido.

Apêndice E.6 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo F2: AF2, AF3, AF4, AF8, AF9, AF10 AF18.

Unidade de Significado	Descrição
objetivo	Analisar como a observação interfere no experimento
sentir e ouvir	os possíveis movimentos de um suposto corpo (bolinha) que estava no interior da caixa...
resultados	Na caixa menor o movimento de algo era imperceptível, com isso chegamos a duas hipóteses: a caixa estava vazia ou havia uma esfera circunscrita dentro dela.
	Na caixa média o movimento assemelhava-se a um sistema massa/mola, onde a bolinha parecia presa por molas ou elásticos
	A caixa maior apresentava o movimento de uma pequena esfera.
destruição	Conforme interagimos com a caixa, "destruímos" o estado inicial do sistema.

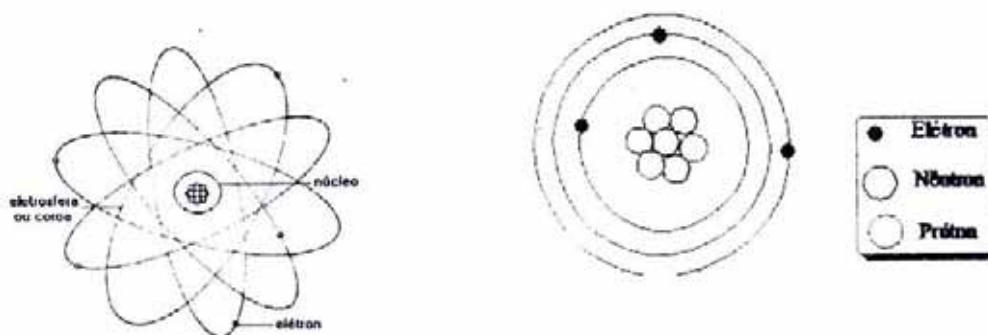
Apêndice E.7 - Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo F3: AF6, AF13, AF15, AF16, AF17, AF19.

Unidade de Significado	Descrição
evolução	Compreender as teorias científicas é de suma importância para entender como a ciência evolui
filosofia da ciência	Para o indutivismo ingênuo a ciência, ou o conhecimento físico é obtido por meio de experiências ou observação [...]
	Só o falseacionismo acredita que o conhecimento científico não é obtido por meio de observações sem pressupostos teóricos.
objetivo	descobrir a posição inicial das esferas dentro das caixas, porém sem abrí-las.
resultados	Percebemos que a esfera era pequena e se movia livremente dentro da caixa, o que impossibilitou dizer com precisão a posição do objeto
	[...] percebemos que também se tratava de uma esfera pequena em relação ao volume da caixa e que a mesma parecia estar presa por molas ou elásticos.
	[...] percebemos que mesmo chacoalhando não se detectou nada na caixa. Sendo assim até pensamos que a caixa estava vazia.
história de vida	Essas observações foram feitas com base nas experiências de vida de cada integrante do grupo[...]
interação experimental	A partir do momento em que pegamos as caixas, modificamos a posição inicial do objeto dentro da caixa.

Análise Ideográfica do Relatório concebido pelo Grupo F3: AF6, AF13, AF15, AF16, AF17, AF19.

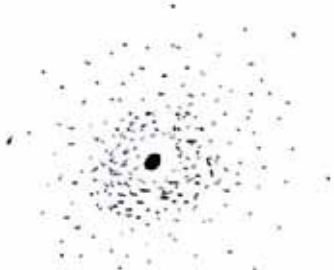
Unidade de Significado	Descrição
evolução	Compreender as teorias científicas é de suma importância para entender como a ciência evolui
filosofia da ciência	Para o indutivismo ingênuo a ciência, ou o conhecimento físico é obtido por meio de experiências ou observação [...]
	Só o falseacionismo acredita que o conhecimento científico não é obtido por meio de observações sem pressupostos teóricos.
objetivo	descobrir a posição inicial das esferas dentro das caixas, porém sem abri-las.
resultados	Percebemos que a esfera era pequena e se movia livremente dentro da caixa, o que impossibilitou dizer com precisão a posição do objeto
	[...] percebemos que também se tratava de uma esfera pequena em relação ao volume da caixa e que a mesma parecia estar presa por molas ou elásticos.
	[...] percebemos que mesmo chacoalhando não se detectou nada na caixa. Sendo assim até pensamos que a caixa estava vazia.
história de vida	Essas observações foram feitas com base nas experiências de vida de cada integrante do grupo[...]
interação experimental	A partir do momento em que pegamos as caixas, modificamos a posição inicial do objeto dentro da caixa.

Apêndice F.1 - Licenciatura em Química Respostas Questão 1:
Observe os desenhos abaixo:



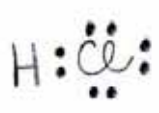
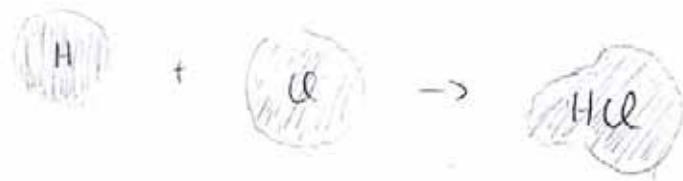
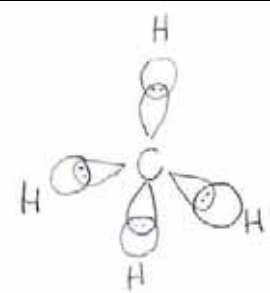
Do que se tratam? Escolha na sua opinião, a partir da respostas anterior, aquele que julgar mais adequado explicando os motivos de sua escolha. Se nenhum dos dois desenhos estiver de acordo esboce o seu.

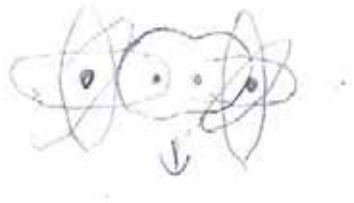
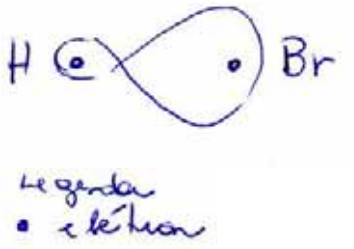
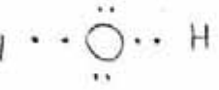
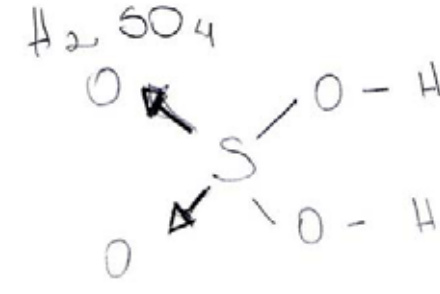
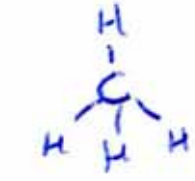
ALUNO	RESPOSTAS
Q1	Tratam-se de modelos atômicos, ultrapassados.
Q2	Os desenhos são modelos atômicos. Na minha opinião o primeiro desenho é o mais adequado, pois os prótons e os nêutrons estão representados no “centro” do átomo (núcleo) e os elétrons estão na eletrosfera que possui forma oval, pois dessa forma os elétrons ficam mais distantes diminuindo a repulsão entre eles.
Q3	Se trata de modelos atômicos. O segundo é o mais adequado, porque nesse modelo também está representado além do elétron nas camadas, o nêutron e o próton, enquanto que no primeiro só apresenta o núcleo e os elétrons ao seu redor.
Q4	Ambos são modelos atômicos teóricos construídos com o intuito de se estudar o átomo e seu comportamento. Outros modelos teóricos foram propostos para se explicar fenômenos químicos. Acredito que a escolha do modelo atômico dependerá daquilo que se quer explicar e para quem o conteúdo quer ser passado. Por exemplo, para se tratar classificação periódica para alunos do primeiro ano o segundo seria de fácil compreensão, porém se queremos aprofundar mais o assunto devemos recorrer a outros modelos. Dependerá muito da situação, para a graduação em química e física ou qualquer outro curso acredito que o modelo quântico deve ser utilizado, pois os ouvintes já possuem capacidade de absorver e compreender, já que esse modelo é um pouco abstrato.
Q5	Trata-se de modelos atômicos. Dentre os dois considero mais adequado o primeiro onde a órbita é elíptica, porém esse modelo representa o elétron como uma partícula, não considerando a dualidade deste.
Q6	Os dois primeiros são representações de átomos e o terceiro representa os três principais “componentes” do átomo. Na minha opinião, o primeiro desenho é o que representa melhor o átomo, porque as órbitas estão representados de forma mais adequada, pois elas não são certinhas como no segundo desenho, mas sem a probabilidade onde se pode encontrar um elétron.
Q7	Se trata de modelos para exemplificação de átomo. Os dois são similares, um em 3 dimensões e outro em 2 dimensões. Para explicação inicial do conceito de átomo, em sala de aula, pode ser utilizado, porém, deve-se evoluir até o conceito atual, representando os orbitais, e tentando fazer com que o aluno “enxergue” a fim de se entender o modelo atual.
Q8	Se trata de um modelo representativo do átomo. Entre os dois escolheria o segundo modelo, porque ele descreve em “detalhes”do que um átomo é constituído, porém neste modelo poderia ter sido colocado que o núcleo é composto pelos prótons e nêutrons. Apesar de ter escolhido o segundo modelo, não acredito que seria um bom modelo. Como não sabemos como e realmente um átomo, o melhor modelo será aquele que for mais didático, pois a base começa no ensino fundamental-médio. Se o início for bem transmitido, o restante fará muito mais sentido e efeito.
Q9	Esquemas que representam distintas teorias atômicas. São modelos que foram úteis para a explicação dos fenômenos para época que foram elaborados. Atualmente o modelo aceito é o modelo quântico. Mas o modelo que julgo mais adequado é:

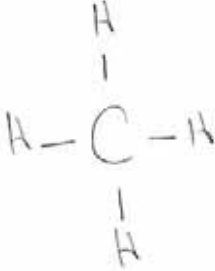
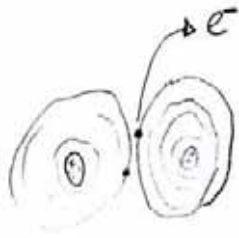
Q10	São modelos de átomos. O 1º é o mais conhecido e imaginado pelos alunos, mas na realidade nenhum dos dois está na forma correta. Entretanto não tenho uma forma concreta para poder desenhar.
Q11	Se tratam de modelos de átomos. Na verdade estes modelos, apesar de ainda utilizados estão um pouco obsoletos. Na verdade o modelo “atual” é representado por um núcleo, e regiões de energia onde existem maiores possibilidades de se encontrar o elétron.
Q12	Os dois representam modelos atômicos. O segundo modelo até o atual momento, pois representa o modelo de Bohr, com as camadas de valência e a descoberta do núcleo.
Q13	Se trata de exemplos de modelos atômicos. Na realidade nenhum dos modelos é mais adequado, mas acredito que o primeiro seja melhor de se apresentar em uma sala de aula.  Meu esboço: Não é possível visualizar o átomo, existem apenas modelos para explicarem de maneira mais “didática”.
Q14	Se tratam de modelos atômicos. Na minha opinião o modelo mais adequado é o segundo que é o modelo de Bohr, este é o modelo mais utilizado nos livros, onde os elétrons giram envolta do núcleo, e cada órbita representa as camadas.
Q15	Trata-se de modelos atômicos. O mais adequado é o primeiro, onde é mostrado o movimento mais provável dos elétrons em um átomo, porém, na verdade o que explica o modelo atômico é a química quântica, mas não sei desenhar.
Q16	Trata-se de modelos atômicos, que os físicos utilizavam para expressar visualmente como seria o átomo de acordo com suas teorias. No entanto, de acordo, com a química moderna, nenhum dos modelos são adequados. 
Q17	Trata-se de modelos atômicos, nenhum dos modelos apresentados condiz com o que a teoria atual nos apresenta, porém a nível de representação em um plano o modelo nº1 é o que melhor pode ser apresentado a nível de colegial.
Q18	Modelos atômicos. O primeiro modelo é o mais adequado, pois, sabemos que os átomos são constituídos de um núcleo positivo, muito menos do que o espaço ou órbita que os elétrons ocupam, por isso julgo ser mais adequado.
Q19	Se tratam de representações de um átomo. A representação mais adequada para se representar um átomo é:  Pois os elétrons não ficam presos a eletrosfera, eles possuem movimentos aleatórios.
Q20	Representações de modelos atômicos. O modelo que acho mais adequado é o matemático uma equação de onda, uma descrição probabilística.
Q21	Esses dois esboços querem representar modelos atômicos como o de Rutherford (1) e Bohr (2), pessoalmente acredito que a maneira de se representar um modelo atômico é através da equação de Schrodinger.
Q22	Trata-se de esboços de átomos. Os modelos de Rutherford e Bohr já foram superados.
Q23	Trata-se de modelos atômicos.  Esboço: Não existe uma direção exata de movimentação do elétron, acredito que em um determinado espaço/tempo a probabilidade de se localizar o elétron.

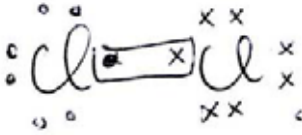
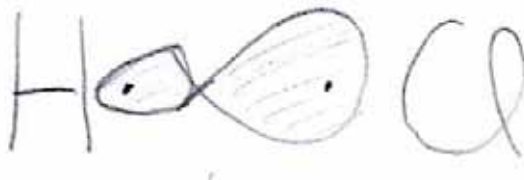
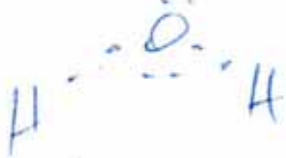
Apêndice F.2 – Licenciatura em Química Respostas Questão 2:

Pensando sobre a ligação covalente, como ela acontece? Desenhar é uma boa forma de representação e nos ajuda a lembrar do fenômeno ou conceito. Nessa perspectiva, você pode esboçar uma imagem de uma ligação covalente e explicá-la.

ALUNO	RESPOSTAS
Q1	
Q2	 Na ligação covalente acontece o compartilhamento de elétrons.
Q3	A ligação covalente acontece através do compartilhamento de elétrons de ametal com ametal. Os elementos envolvidos compartilham seus elétrons da última camada (camada de valência) para ficarem estáveis. 
Q4	Representação clássica: $H + Cl \rightarrow H-Cl$ Compartilhamento das nuvens eletrônicas (em cores ficaria melhor, pois poderia representar melhor a polaridade da ligação): 
Q5	 A ligação através da sobreposição das órbitas e o compartilhamento desses elétrons no espaço desses dois orbitais.

Q6	 Um íon (+) atrai o íon(-) e isso distorce ou polariza os elétrons do íon(-) e repelem os núcleos. Se o poder polarizante for grande o suficiente os elétrons se concentram entre os dois núcleos fazendo com que a ligação tenha caráter covalente.
Q7	 O espaço compreendido entre os "círculos" representam a probabilidade de se encontrar os elétrons compartilhados no espaço. Como o "Br" é mais eletronegativo que o "H", a probabilidade dos elétrons é estarem mais próximos da nuvem eletrônica do "Br" é maior.
Q8	 A ligação covalente ocorre pelo compartilhamento de elétrons para alcançar a estabilidade.
Q9	
Q10	
Q11	A ligação covalente ocorre quando existe o compartilhamento de elétrons de dois ou mais átomos com valores de eletronegatividade semelhante.
Q12	A ligação covalente, antigamente se acreditava que era o compartilhamento de elétrons, é representada por um traço. Exemplo:  É uma ligação que ocorre entre dois ametais. Atualmente só se representa colocando os elementos próximos uns nos outros.
Q13	A ligação acontece entre átomos eletronegativos, de maneira que os átomos "compartilhem" elétrons. Mas sabemos que não acontece exatamente um compartilhamento.

	
Q14	Ligação covalente é o compartilhamento de elétrons. 
Q15	Acontece com o compartilhamento de elétrons (Nuvem Eletrônica). 
Q16	
Q17	Ocorre uma aproximação de dois ou mais átomos inicialmente instáveis. A aproximação ocorre para diminuir a instabilidade. 
Q18	 Quando um elemento eletromagnético e um elemento eletronegativo compartilham seus elétrons de valência dizemos que eles fazem uma ligação covalente.
Q19	A ligação covalente acontece quando átomos eletronegativos compartilham elétrons: 
Q20	A ligação covalente ocorre entre átomos mais eletronegativos tendendo a estabilidade eletrônica da última camada (valência), buscando o menor estado de energia. Como representação podemos esboçar a ligação Cl2.

	
Q21	A ligação se dá por um compartilhamento eletrônico entre os átomos com diferentes eletronegatividades.  Temos uma probabilidade maior em direção ao Cloro (mais eletronegativo)
Q22	Acontece através do compartilhamento de elétrons.
Q23	A ligação covalente é um tipo de ligação que ocorre entre dois átomos pelo “compartilhamento” de um ou mais pares de elétrons, ou sendo uma atração mútua entre eles que mantêm as moléculas resultantes unidas.  OBS: Os elétrons estão em movimento, e não estáticos conforme as figuras demonstram, sem uma localização exata.

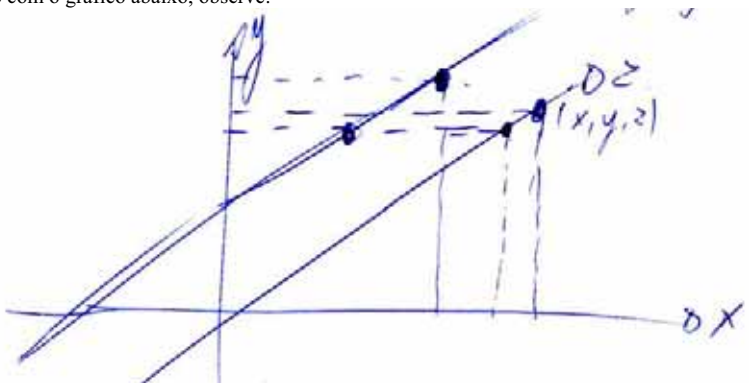
Apêndice F.3 – Licenciatura em Química Respostas Questão 3:

Recentemente foi publicado na revista Nature um artigo sobre o experimento de Tripla Fenda, uma variação do experimento de dupla fenda referente à natureza do elétron. O resultado obtido pelos pesquisadores comprovaria a proposta de Max Born de interpretação da Equação de Schroedinger. Nesta interpretação, dá-se relativa importância ao quadrado da função de onda, ou seja, Ψ^2 . Em sua opinião qual a importância de Ψ^2 na interpretação da estrutura atômica? Por que precisamos desta interpretação?

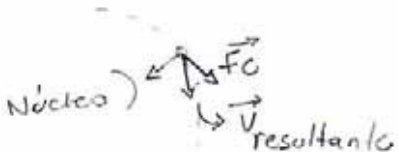
Aluno	RESPOSTAS
Q1	A importância de Ψ^2 relaciona-se a possível determinação de um modelo atômico mais perfeito.
Q2	A importância de Ψ^2 na interpretação da estrutura atômica é que ele indica a probabilidade de se encontrar o elétron no espaço.
Q3	Essa interpretação mostra a posição e a velocidade do elétron nos níveis de energia.
Q4	Eu acho que o Ψ^2 é importante na interpretação da estrutura atômica, pois é ele que descreve a orbital atômica, o formato do mesmo. Exemplo: esférico, halteres. É importante, por exemplo, para explicar ligações químicas.
Q5	Ψ^2 representa o espaço onde o eletro pode ser encontrado. Essa informação é importante para termos um modelo atômico mais consistente, que é a base de tantos outros estudos.
Q6	Conforme o D. Lee é a probabilidade de se encontrar o elétron no espaço. Precisamos dessa interpretação para tentar entender a estrutura do átomo e de como as ligações são formadas.
Q7	Muito boa. Só faltou o restante do artigo, para tentar entender o que são dupla fenda e tripla fenda.
Q8	A importância estaria no fato de poder determinar a posição do elétron? O esclarecimento destas teorias facilitaria nas interpretações teóricas que nos são apresentadas em forma de cálculos complexos.
Q9	De acordo com a teoria quântica, Ψ^2 dá a probabilidade de se encontrar elétron em uma determinada região do espaço. Este conceito é importante a nível teórico, entretanto, para minha vida cotidiana este conceito não é relevante.
Q10	Pela teoria o Ψ^2 é a probabilidade de encontrar o elétron no espaço, mas como seleção a interpretação de sua importância não sei dizer.
Q11	A importância do Ψ^2 é a probabilidade de encontrar o elétron no espaço. Não sei por que precisamos de tal interpretação.
Q12	A equação de Schroedinger é a busca pela posição e a velocidade do elétron, ele mesmo disse que se você a posição dos elétrons você não saberia a velocidade e vice-versa, portanto esse experimento da tripla fenda, deve ter comprovado essa teoria da incerteza.
Q13	Pelo que me recorde Ψ^2 é a probabilidade de se encontrar um elétron. Isso tem importância para conhecermos, e até “visualizarmos” o átomo e compreender sua natureza, sua relação com as ligações químicas.
Q14	Porque Ψ é a probabilidade de encontrar a posição do elétron.
Q15	Sei apenas que Ψ^2 na equação Schroedinger é a probabilidade de encontrar um elétron no espaço.
Q16	Ψ^2 é a probabilidade de se encontrar um elétron no espaço, e deve ter grande relevância na interpretação da estrutura atômica, mas não sei qual.
Q17	A posição do elétron pode nos dizer se Ψ^2 realmente um átomo dividido em camadas.
Q18	Partindo-se do pressuposto de que Ψ^2 é a probabilidade de se encontrar um elétron em uma orbital, aumenta-se a chance de se realizar ligações efetivas entre orbitais atômicos e moleculares com maior eficiência, pois isso é de extrema importância está interpretação, já que tudo gira em função do elétron.
Q19	Ψ^2 é a probabilidade de encontrar um elétron.
Q20	A equação Ψ^2 nos gera uma probabilidade de se encontrar o eletro no espaço. Se encontrarmos a posição do espaço onde está o elétron encontraremos o núcleo do átomo.
Q21	O Ψ^2 é a probabilidade de encontrar um elétron em um determinado volume, portanto, está totalmente ligado a estrutura atômica.
Q22	Probabilidade se encontrar um elétron no espaço.
Q23	---

Apêndice F.4 – Licenciatura em Química Respostas Questão 4 :

A temperatura 0K (Kelvin) é conhecida como zero absoluto, na qual todo movimento molecular cessaria. O que dizer, nesta situação, das quantidades, posição e velocidade, e a determinação destas variáveis para as partículas nos limites da estrutura da matéria?

ALUNO	RESPOSTAS
Q1	Impossível se determinar qualquer valor para estas variáveis, pois não se chegou a esta temperatura e, portanto realizar algum tipo de cálculo.
Q2	Se o movimento cessar acredito que a velocidade é zero e a posição eu não sei como determinar.
Q3	A teoria diz que o movimento molecular acabaria, e com isso, a velocidade tenderia a zero, ou seja, não haveria movimento, as quantidades de posição também não mudariam e conseqüentemente as variáveis também não mudariam, mas como disse no início isso é apenas uma teoria.
Q4	Teoricamente nesta temperatura poderíamos determinar a posição das partículas, pois a velocidade das mesmas seria zero, não acredito que poderia se conhecer a quantidade, porém para se determinar a velocidade das partículas não teríamos conhecimento de sua posição.
Q5	A velocidade seria possível determinar, porém para determinar a posição seria necessário fornecer energia e com isso a velocidade é alterada. Conclusão, não é possível determinar essas duas variáveis ao mesmo tempo.
Q6	Não acho que isso poderia ser determinado, alias acho que para todo o movimento molecular
Q7	Considerando a teoria, havendo a parada do elétron, poder-se-ia determinar a posição do elétron, tendo $v=0$.
Q8	Se o movimento molecular cessa(teoricamente) seria possível realizar medidas, por exemplo, qual a velocidade da partícula variando-se de 0k à 10k, como sua respectiva posição. Porém ainda acredito que isso não é possível de acontecer.
Q9	Na minha opinião, ainda que se conseguisse chegar no zero Kelvin, ainda assim não seria possível de se determinar posição e velocidade do elétron, por exemplo, pois para isso ocorreria emissão de energia gerando uma excitação e conseqüentemente isto faria com que a matéria saísse do seu estado estacionado.
Q10	Acredito que por estar parado não é possível determinar.
Q11	Admitindo que todo movimento molecular cessaria, acredito que seria possível determinar a posição de um elétron, admitindo que a velocidade é 0. Por outro lado, poderia não ser possível quantificar tais medidas.
Q12	Como dizia a teoria a matéria teria a posição constante e velocidade nula. Mas nunca foi testado.
Q13	Os experimentos relacionados ao zero absoluto ocorrem através de uma extrapolação, pois é muito difícil atingir essa condição experimental, por isso acredito que o que foi falado na questão é uma teoria. Acredito que a temperatura influencia no movimento das moléculas e, portanto, ocorreria esse tipo de influência a 0K. Se a 0°C é extremamente complicado determinar a posição e velocidade exata do elétron, continua sendo difícil realizar isso para 0K.
Q14	O 0K é conhecido como zero absoluto, mas é de conhecimento que 0°C é 273K, então essa temperatura 0K é uma estimativa teórica, pois na minha opinião não é possível chegar nesta temperatura e também calcular posição e velocidade.
Q15	Em 0K o movimento molecular é cessado e não acredito que seja possível determinar posição e velocidade.
Q16	Não seria possível a determinação das variáveis no zero absoluto.
Q17	Impossível se dizer, não é possível enxergar uma partícula mesmo que está estivesse parada.
Q18	De acordo com o gráfico abaixo, observe:  Obviamente, seria possível a manipulação precisa de todos os complementos do material, visto que suas coordenadas poderiam ser determinadas.
Q19	No estado absoluto todo o movimento molecular cessaria, e com isso a velocidade seria nula, não tendo energia cinética nem termodinâmica.
Q20	Zero absoluto ou estado absoluto se teoricamente o movimento molecular cessaria não teríamos nem energia nem termodinâmica, e muito menos ligações químicas, o que desestabilizaria os átomos promovendo sua “desestruturação”.
Q21	Não tenho idéia.
Q22	Impossível de determinar.
Q23	A atividade molecular a 0K é nula. A posição e velocidade das partículas não podem ser medidas com precisão absoluta.

Apêndice F.5 – Licenciatura em Química Respostas Questão 5 : Segundo a eletrodinâmica clássica, cargas opostas se atraem. No modelo atômico de Rutherford o elétron (negativo) “gira” ao redor do núcleo (positivo). A dúvida crucial seria: por que a eletrosfera não se colapsa com o núcleo?

ALUNO	RESPOSTAS
Q1	Segundo o modelo proposto, os níveis de energia são tão bem definidos, que os elétrons ficam presos a estes “níveis de órbita” ou seja a qual região espacial pode se encontrar com o elétron..
Q2	A eletrosfera não se colapsa com o núcleo devido a força centrífuga que não deixa os elétrons se “aproximarem” do núcleo.
Q3	Porque os elétrons estão acoplados em níveis de energia diferente. A camada mais próxima é a que está mais atraída pelo núcleo, e nessa camada existem apenas dois elétrons, os elementos que apresentarem mais de dois elétrons, os mesmos estarão divididos em sete níveis diferentes. Com isso a atração é menor e não ocorre o choque do núcleo com a eletrosfera.
Q4	Esse era o questionamento feito na época, e foi explicado de forma resumida que a força eletrostática é contrabalanceada pela força centrífuga. No modelo quântico o elétron não tem posição nem movimento definido sendo que se encontra uma nuvem eletrônica ao redor do núcleo que é aonde há a maior probabilidade de se encontrar o elétron, sendo que mais perto do núcleo maior é a probabilidade porém a energia aumenta muito quando o elétron se aproxima muito do núcleo.
Q5	Porque ponto a ponto a atração do núcleo pelo elétron e a força centrípeta resulta em um vetor na direção da órbita. 
Q6	Porque a força que atrai o elétron para perto do núcleo é igual a que afasta.
Q7	Durante o movimento do elétron ao redor do núcleo, este não perde energia; a força centrípeta mantém-se.
Q8	Porque a força centrífuga “puxa” para fora e a atração das cargas opostas “puxa” para dentro equilibrando-se as forças evitando o colapso.
Q9	Porque, de acordo com as leis da mecânica quântica, existe uma força centrífuga, resultante do movimento dos elétrons, que é muito mais intensa que a força de atração eletrostática que atrai os elétrons para próximos do núcleo.
Q10	Porque há uma força centrífuga e outra centrípeta. A centrípeta é a força eletrostática.
Q11	Porque a força de atração eletrostática é menos que a força centrífuga existente no núcleo do átomo e a eletrosfera.
Q12	Para que um elétron “pule” de um nível de valência para o outro, ele ou perde ou ganha energia, se ele permanecer ao nível de energia inicial, sua energia seria constante. Um átomo perde muita energia para chegar ao nível mais próximo ao núcleo o que não é interessante, pois o átomo busca estabilidade.
Q13	Acredito que esteja relacionado a densidade eletrônica e mais algumas coisas que no momento não me recordo para me expressar de maneira coerente.
Q14	Devido a força centrífuga.
Q15	Devido às outras forças existentes no interior do átomo, a força centrífuga e centrípeta.
Q16	Porque a força centrífuga é maior do que a atração eletrostática entre os elétrons e o núcleo.
Q17	Se um elétron se mantiver em um mesmo nível (camada) ele não perde energia.
Q18	Devido a ação de duas forças envolvidas entre as partículas, onde a energia cinética relacionada ao movimento dos elétrons é igual a força centrífuga exercida pelo núcleo positivo.
Q19	Devido a força centrípeta que é gerado quando os elétrons giram ao redor do núcleo.
Q20	De acordo com o livro de Química Inorgânica, D. J. Lee o elétron por estar em órbita circular gera uma força centrípeta o que impede a sua colisão com o núcleo (movimento circular uniforme).
Q21	De acordo com o postulado de Bohr, os elétrons em um mesmo nível energético não perde energia, não colapsando assim os elétrons ao núcleo.
Q22	Porque os elétrons de um mesmo orbital não perde energia.
Q23	Não se chocam porque tanto os prótons, como os elétrons possuem campo elétrico com sua movimentação, e com a força eletromagnética não se chocam, se movimentam (spins opostos).

Apêndice F.6 – Licenciatura em Química Respostas Questão 6:

Certamente, você já ouviu falar no Método Científico, você se lembra de como é estruturado? Como pode ser explicado?

ALUNO	RESPOSTA
Q1	- Observação do fenômeno ou conceito - Hipótese explicativa. - Metodologia que teste significativamente a hipótese. - Análise dos resultados, confirmando ou negando a hipótese levantada.
Q2	Ele é estruturado em observação, hipótese, experimentação e discussão.
Q3	Primeiramente a introdução sobre o que será pesquisado, objetivo da pesquisa, os métodos utilizados, isso inclui os procedimentos. Em seguida um relatório das observações e por fim a conclusão sobre o que foi pesquisado e a relação com a teoria dita na introdução. Esse tipo de trabalho é importante para organizar idéias, dados e conclusões.
Q4	O Método científico é baseado na observação, formulação de hipótese, experimentação (formulada) que comprove a hipótese finalizando com a conclusão e a análise dos resultados (o que pode gerar modelos).
Q5	Observação, levantamento de hipóteses, coleta de dados, elaboração dos resultados, conclusão. Trata-se de uma sequência lógica para realização de uma pesquisa.
Q6	É que antes de se aplicar algum tipo de atividade é preciso estudar o que se quer alcançar, com que tipo de pessoas vai se trabalhar, o que será necessário fazer para se alcançar o objetivo que se quer, enfim ter uma metodologia programada.
Q7	- O que será estudado? - Elaboração de idéias (hipótese); - Experimentação; - Observação (análise de dados); - Conclusão (elaboração da teoria, negação ou afirmação da hipótese)
Q8	Observação, hipótese, experimentação e análise final de todos os itens. A importância deste método é que se analisa como um todo a aula preparada e sua contribuição para o ensino.
Q9	- Observação. - Elaboração de um método para estudar o determinado fenômeno. - Experimentação. - Discussão. - Conclusão dos resultados. Este método é importante para que a ciência não se torne "cozinha" – Tentativa e erro.
Q10	- O que você vai abordar; - Como você vai abordar; - Experimentação (do assunto); - Observação; - Interpretação dos resultados. - Conclusão.
Q11	O método científico é aplicado preferencialmente em materiais que podem ser representados fisicamente. As etapas são: elaboração de idéias e hipóteses, experimentação, análise de dados, discussões dos resultados em grupo e conclusões.
Q12	Introdução, objetivo, experimentação e métodos utilizados, descrição dos resultados com tabelas, discussão e a mais importante, a conclusão, e a referência.
Q13	Primeiramente, elabora-se uma hipótese para depois desenvolver o restante da aula em cima dessa hipótese ou teoria, tendo um objetivo, uma introdução parte experimental, resultados, discussão e conclusão.
Q14	- Hipótese (O que é interessante ser elaborado no experimento formulando uma hipótese ou pergunta chave.) - Objetivos de experimento; - Introdução (expor um pouco sobre o assunto); - Experimentação; - Discussão (Discutir os resultados e se eles respondem a hipótese ou pergunta inicial); - Conclusão.
Q15	Método científico é estruturado em vários passos como: - Observação; - Objetivos (Porque? Pra quem?); - Metodologia (como?); - Experimentação/ Discussão; - Interpretação de resultados; - Conclusão.
Q16	O Método científico deve ser primeiro verificado teoricamente, devemos saber o porquê do assunto a ser explorado. E só então, partiu para a uma conclusão coerente com a observação e a teoria.
Q17	De maneira a propor explicações provadas anteriormente, pondo uma dependência da explicação de um fato por conceitos apresentados e comprovados anteriormente.
Q18	Parte-se da observação de um fenômeno, e através da observação deste fenômeno surge uma hipótese, uma idéia, com isso desenvolve uma teoria para tentar explicar está hipótese. Após a elaboração teórica, parte-se para a parte experimental.
Q19	O método começa com uma hipótese, seguida de uma introdução, objetivo e experimento, resultados, discussão e conclusão.
Q20	Hipótese (conjectura), introdução, objetivo, experimento, resultado e discussão, conclusão.
Q21	Temos vários métodos científicos: método por tentativa onde você começa de algo, ou seja, não pesquisado por ninguém, e a partir disso pode desenvolver um projeto.
Q22	- Observação; - Levantamento de hipóteses;

	- Testa das hipóteses; - Confirmação ou negação desta hipótese.
Q23	Método: indutivo; Dedutivo; Hipotético-Dedutivo. Costumam ser aplicadas nas ciências naturais. Utilizam delas para justificar uma determinada posição pessoal ou social.

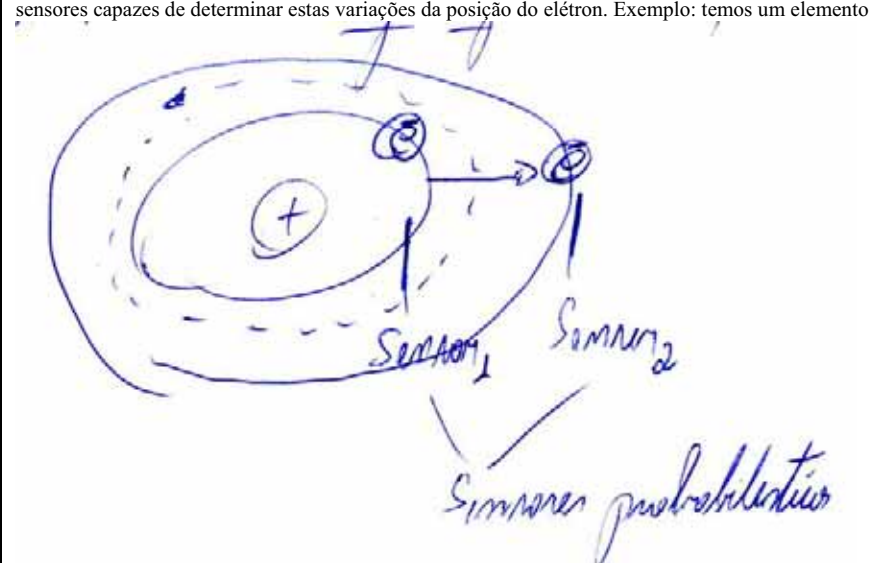
Apêndice F.7 - Licenciatura em Química Respostas Questão 7:

Ainda sobre o Método Científico, é essencial que o mesmo seja aplicado para que uma teoria seja comprovada (Corroborada)?

ALUNO	RESPOSTAS
Q1	Não, pode ser que um determinado fenômeno pode apenas ter uma explicação descoberta.
Q2	Sim, pois é possível chegar a um teoria através do Método Científico.
Q3	Sim, através da experimentação é possível comprovar algumas teorias, disse algumas, nem todas as teorias é possível comprovar experimentalmente, e com isso, as teorias ficam vagas.
Q4	Acredito que sim. Apesar da ordem ser importante, os passos podem ser invertidos (apesar de não seguro) como por exemplo os acidentes que podem gerar descobertas.
Q5	Acredito que sim. Porém, apenas um fato pode derrubar qualquer teoria.
Q6	Sim.
Q7	Sim.
Q8	Sim, pois desenvolver e realizar experimentação da teoria auxilia muito na compreensão do assunto discutido e também porque a teoria é comprovada pela experimentação.
Q9	Sim, pois iniciar uma pesquisa sem ter um objetivo tem o mesmo sentido de sair do nada para chegar a lugar nenhum no meio científico é necessário ter uma visão inicial.
Q10	Sim, pois com este método pode-se observar que a teoria apresentada aos alunos tem significado.
Q11	Sim.
Q12	É essencial sim, pois como saber que a teoria é correta e verdadeira sem a comprovação na prática. Temos na história, muitas teorias que foram por “Água à baixo” pois quando foram formuladas não foi feito o experimento, e um tempo depois quando essa prática foi feita ou que pelo menos foi tentado se fazer, não deu certo.
Q13	Não necessariamente, a teoria pode ser reafirmada ou derrubada. A química foi constituída em cima de teorias que foram derrubadas e substituídas por outras mais adequadas, e as teorias atuais podem ser substituídas a qualquer momento.
Q14	Sim, pois se aplicada ele pode ser realmente comprovada ou derrubada.
Q15	Sim, é essencial. O método científico tem experimentação, que é necessária à comprovação de uma teoria.
Q16	Sim.
Q17	Não, normalmente a teoria vem depois, ou seja, a partir do método ou fato que surge a teoria.
Q18	Em termos legais sim, também éticos e morais, é óbvio que para se fazer ciência hoje em dia têm-se que seguir os padrões estabelecidos pela comunidade científica.
Q19	Você pode aplicar esse método para comprovar ou derrubar uma teoria.
Q20	Sim, pois com as etapas já mencionadas especifica-se todo o processo prático em linguagem científica.
Q21	Acredito que o método científico é uma forma de organizar as idéias, partir de uma receita de bolo, Mas sem isso uma teoria pode ser comprovada.
Q22	Sim, pois só comprovando uma teoria ela pode ter credibilidade.
Q23	Concordo – em partes. Pois independente do método científico aplicado, se for o hipotético-indutivo poderá somente ser mentalizado e não ser totalmente aplicado.

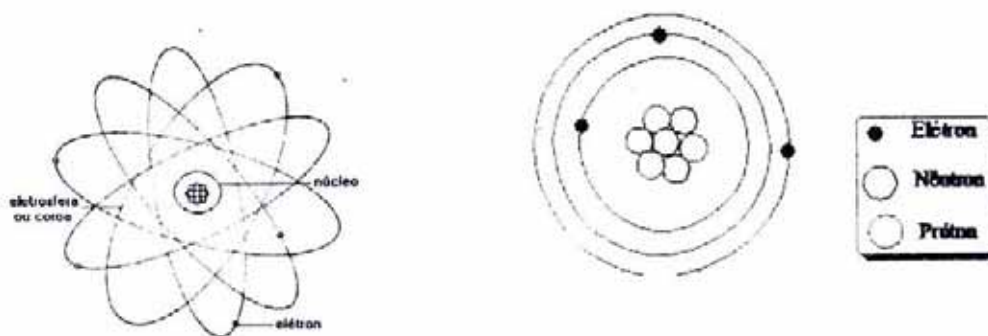
Apêndice F.8 – Licenciatura em Química Respostas Questão 8:

O princípio de Incerteza estipula que posição e momento (velocidade) não podem ser medidos ao mesmo tempo com precisão máxima para o elétron. Na sua opinião o que limita esta medida? Este problema há de ser superado? Como?

ALUNO	RESPOSTA
Q1	A limitação se dá na capacidade de o elétron ser dual, e a matéria. Sim, com o avanço na computação aplicada.
Q2	O que limita é o efeito dual do elétron.
Q3	Não é possível determinar essa medida com precisão, porque o elétron está em constantemente movimento, não podendo assim medir sua posição, com exatidão, isso só poderia acontecer se não houvesse movimento, ou seja, atingisse o 0 absoluto, mas com isso, não teríamos a velocidade, não sendo possível determinar a posição e a velocidade ao mesmo tempo. Já a velocidade é possível determinar através da energia emitida, mas nesse momento não será possível determinar a posição.
Q4	Para você determinar a posição você precisa diminuir a velocidade, ou seja alterá-la (zero absoluto, seria uma alternativa). Para você determinar a velocidade precisa fornecer energia, o que afeta ainda mais o posicionamento, ou seja, ainda não é possível determinar os dois ao mesmo tempo, talvez possa ser desenvolvido um equipamento que consiga, mas não sei como.
Q5	O fornecimento de fótons para determinar a posição altera a energia e conseqüentemente a velocidade. Acredito que será superado este problema, mas não sei como.
Q6	Não sei o que responder.
Q7	Não.
Q8	A medida pode estar limitada pela energia a qual são submetidos os átomos. Não.
Q9	Na minha opinião não tem como superar este problema, pois mesmo que um determinado material esteja no zero absoluto, ou seja, sem qualquer tipo de movimento, material que será utilizado para a análise do material sem movimento enviara energia a este material e este passaria a ter novamente energia tornando impossível a análise da posição e momento simultaneamente.
Q10	Efeito dual de elétrons.
Q11	Não, pois a equação de Heisenberg é em função da velocidade ou da posição. Não sei como pode ser superado.
Q12	O elétron se movimenta através da órbita, para medir a posição é através da energia da energia liberada pelo eletron quando ele muda de órbita, mas nesse ponto não é possível medir velocidade, e quando se mede a velocidade do elétron não consegue-se medir a posição, pois o elétron não fica em uma única posição. Na minha opinião, isso nunca será superado.
Q13	É limitado pela dualidade do elétron (que se comporta em momentos como partícula e outros como onda). Acredito que isso ainda não pode ser superado.
Q14	O que limita é que não é possível posição e velocidade ao mesmo tempo pois não haveria precisão nos cálculos no momento em que esse elétron muda de posição, e eu acho que esse problema não consegue ser superado.
Q15	A natureza de onda e partícula de um elétron.
Q16	De acordo com a equação de Heisenberg, quando conhecermos a velocidade não saberemos a posição e vice-versa. Ao sei se o problema poderá ser superado.
Q17	Lógico que não, estamos falando em velocidade da luz (300.000 km/s). Como comprovar a posição de uma partícula com está velocidade?
Q18	O que limita a determinação da posição e momento do elétron devido a sua dualidade, ora partícula, ora fóton é a restrição de sensores capazes de determinar estas variações da posição do elétron. Exemplo: temos um elemento qualquer, X, observe: 
Q19	Essa medida é limitada como comportamento dual do elétron: ora como onda e ora como partícula.
Q20	Essa medida é limitada pelo comportamento dual do elétron, ora como partícula, ora como onda. Não.
Q21	Quando excitamos um elétron podemos determinar a sua velocidade, mas sua posição ficará comprometida . Acredito que isso seja superado com o zero absoluto.
Q22	--
Q23	Acredito que é devido ao comportamento dual do elétron (partícula/onda).

Apêndice G.1 – Licenciatura em Física Respostas Questão 1:

Observe os desenhos abaixo:



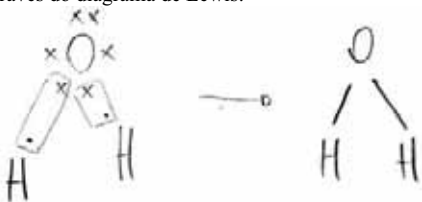
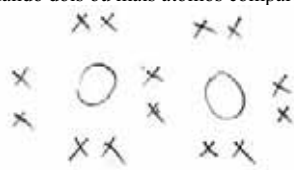
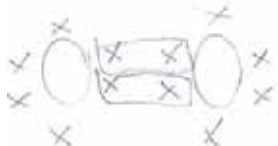
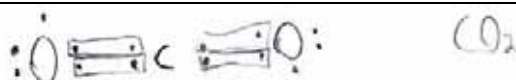
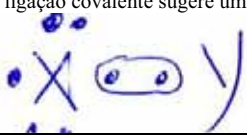
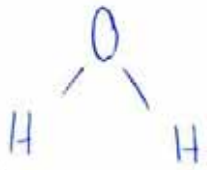
Do que se tratam? Escolha na sua opinião, a partir da respostas anterior, aquele que julgar mais adequado explicando os motivos de sua escolha. Se nenhum dos dois desenhos estiver de acordo esboce o seu.

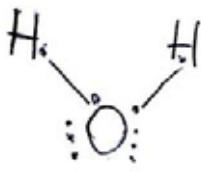
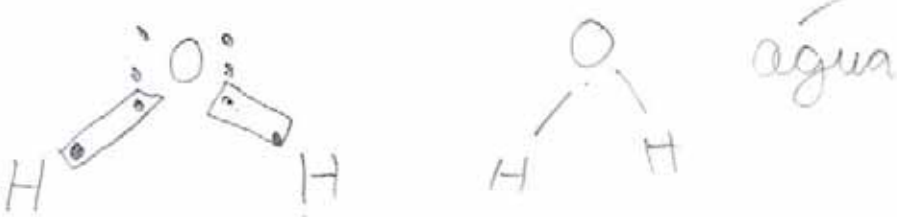
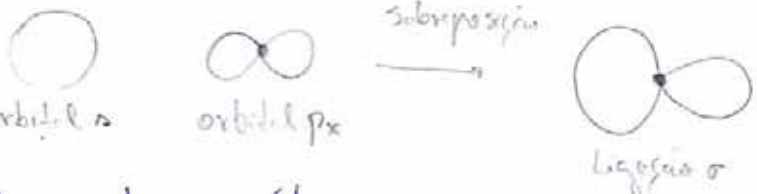
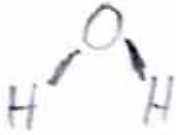
ALUNO	RESPOSTAS
F1	As figuras representam dois modelos atômicos: o de Rutherford e o de Bohr. Dentre eles, o mais adequado é o de Bohr, porque ele explica bem o aspecto de emissão e absorção do átomo. O modelo aceito atualmente não envolve órbitas como esses.
F2	As duas figuras acima tratam sobre o modelo atômico. Na minha opinião, o primeiro modelo é o mais adequado, pois consegue explicar o fato do segundo átomo estar em colapso, pois os elétrons se chocariam com o núcleo.
F3	Ambos são modelos atômicos de átomos. Os dois são inadequados, no sentido de que é impossível determinar, com certeza, a posição do elétron. Estas órbitas, com posições bem determinadas, não representam o melhor modelo de átomo já desenvolvido.
F4	Do modelo atômico. Acredito que do ponto de vista rigoroso, não se pode representar a posição do elétron por não termos certeza de onde ele realmente se encontra.
F5	Trata-se de dois diferentes modelos de átomo. O modelo a esquerda explica uma quantidade maior de fenômenos por ser um modelo tridimensional, porém ainda apresenta os elétrons se movendo em órbitas perfeitamente definidas, o que está em desacordo com a teoria aceita atualmente. O correto seria apresentar regiões ao de maior densidade de probabilidade ao redor do núcleo.
F6	As duas figuras de um modelo atômico. O primeiro modelo é o mais aceito, pois é o modelo mais recente, comparado com o primeiro.
F7	Tratam de modelos atômicos propostos por cientistas. Na minha opinião o mais adequado para representar um átomo é o primeiro, pois não acredito na linearidade da eletrosfera no segundo modelo.
F8	Modelos atômicos. O primeiro desde que as órbitas sejam elípticas.
F9	Tratam-se de modelos atômicos. Porém o primeiro desenho é o modelo aceito.
F10	Os desenhos se tratam de modelos atômicos e eu concordo com o primeiro (em partes) desenho onde é possível observar o núcleo com prótons e nêutrons e a eletrosfera. Porém não é possível determinar a posição do elétron pelo princípio da incerteza, pois ou o momento ou a posição podem ser bem definidos e não os dois juntos
F11	Tratam-se de modelos atômicos. Este adequado é bastante relativo, sobre o ponto de vista do que é ensinado no ensino médio fica-se o primeiro modelo como "adequado" onde encontro o núcleo com a "massa" nêutrons e prótons e ao redor "girando" temos os elétrons. Já em níveis quânticos falamos de átomos como energia, não podendo mais falar que o modelo atômico é assim. Pra mim depende com quem você trabalhar e o que quer mostrar.
F12	Os desenhos se tratam de uma átomo, o desenho mais adequado é o primeiro na qual o núcleo é composto de nêutrons e prótons, e o elétron em uma órbita.
F13	Modelos atômicos diferentes, sendo que o primeiro se aproxima mais da realidade, apesar de não estar correto. O segundo em forma de órbitas circulares é uma concepção espontânea da época.
F14	Os desenhos acima são representações do modelo atômico. Acredito que não há um modelo adequado, pois há uma questão de dualidade onda-partícula, ora podemos ter um comportamento corpuscular ou ora ondulatório.
F15	Os desenhos representam dois modelos atômicos, onde o primeiro representa o modelo de Rutherford e o segundo o modelo de Bohr é uma "modificação" do modelo de Rutherford, onde com 2 postulados ele modifica os possíveis problemas da teoria.
F16	Os dois desenhos representam modelos da estrutura de um átomo. Eu não tenho como julgar qual modelo está correto, pois não sabemos a posição dos elétrons. O modelo de átomo que tenho em mente é os prótons no núcleo e os elétrons representados como nuvens eletrônicas ao redor do núcleo e a energia dos elétrons é quantizada.
F17	Ambos se tratam de modelos atômicos. Como são modelos não julgo um mais adequado que o outro, é complicado afirmar como pode ser um modelo, pois não vemos, por exemplo, a órbita dos elétrons ao redor do núcleo.
F18	Modelo atômico: o primeiro é o que representa melhor o modelo atômico, através de comprovações experimentais.

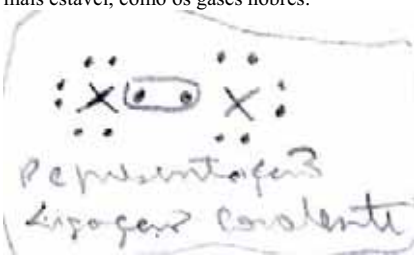
F19	--
-----	----

Apêndice G.2 – Licenciatura em Física Respostas Questão 2:

Pensando sobre a ligação covalente, como ela acontece? Desenhar é uma boa forma de representação e nos ajuda a lembrar do fenômeno ou conceito. Nessa perspectiva, você pode esboçar uma imagem de uma ligação covalente e explicá-la.

ALUNO	RESPOSTAS
F1	 Na ligação covalente, os átomos compartilham elétrons. No modelo de orbitais atômicos esquematizado acima, a ligação covalente acontece através da superposição dos orbitais atômicos, que representam as regiões prováveis de encontrarmos os elétrons.
F2	É uma ligação forte que ocorre entre ametais e ametais, ametais e hidrogênio. Uma forma de representar uma ligação covalente é através do diagrama de Lewis: 
F3	Quando dois ou mais átomos compartilham elétrons, onde este elétron faz parte da estrutura destes dois ou mais átomos. 
F4	A ligação covalente acontece quando os átomos compartilham elétrons. 
F5	Ligação covalente, se não me engano, é aquela em que dois átomos “compartilham” elétrons. Não me recordo da explicação fenomênica.
F6	 Ligação covalente é um compartilhamento de elétrons.
F7	A ligação covalente sugere um compartilhamento de elétrons. 
F8	É uma ligação molecular. 
F9	Ligação covalente são compartilhamentos de elétrons que os átomos realizam para se manter estáveis.

	
F10	Na ligação covalente os átomos (dois ou mais) compartilham os elétrons. É o máximo que eu consigo me lembrar.  Os elétrons são representados pelo "X" e os que estão sendo compartilhados pelos dois átomos estão destacados.
F11	 Na ligação covalente existe o compartilhamento dos elétrons, os elétrons buscam ter 8 elétrons ou segundo caso só H. Então para ter os 8 ou 2 no caso do desenho eles ficam "próximos" compartilhando assim seus elétrons e ficando nos níveis mais baixo de energia.
F12	A ligação covalente acontece com os átomos que precisam ligar-se a outros formando uma substância. Esse átomo normalmente se normaliza com 8 elétrons na última camada, exceto com o hidrogênio. Normalmente acontece com a família 4A, 5A, 6A, 7ª mais hidrogênio. 
F13	H_2O  Ocorre o compartilhamento de elétrons onde Hidrogênio e Oxigênio, apesar de não terem elétrons suficientes se completam.
F14	Ligação covalente é aquela ocorrida devido ao compartilhamento de elétrons entre átomos que precisam completar seus orbitais atômicos (estabilidade).  Quando os átomos se aproximam ocorre a sobreposição dos orbitais atômicos e o compartilhamento dos elétrons.
F15	Um exemplo de ligação covalente ocorre na molécula da água:  A ligação covalente é o compartilhamento de elétrons pelos átomos para estabilizar a camada de valência.
F16	Basicamente em uma ligação covalente ocorre o compartilhamento de elétrons.

	Exemplo: Um material usado na eletrônica, o semicondutor de silício.  Cada átomo de Si possui 4 elétrons na camada de valência, para ficar estável o átomo precisa de mais 4 elétrons, então o átomo se liga com outro átomo de silício e eles ficam estáveis.
F17	Basicamente a ligação covalente é onde o átomo para se tornar estável ele precisa de 8 átomos na sua camada de valência (tomando a teoria do octeto), ocorrendo o compartilhamento de elétrons.  Representação do compartilhamento de elétrons para a estabilidade do átomo.
F18	Através da junção de dois elétrons (compartilhamento).  Ligação covalente.
F19	A ligação covalente ocorre quando dois átomos compartilham um elétron de sua camada de valência para atingirem um estado mais estável, como os gases nobres:  Nessa ilustração comumente usada, os elétrons dos átomos X são representados por pontos e a ligação covalente é representada por um círculo sobre os elétrons.

Apêndice G.3 – Licenciatura em Física Respostas Questão 3:

Recentemente foi publicado na revista Nature um artigo sobre o experimento de Tripla Fenda, uma variação do experimento de dupla fenda referente à natureza do elétron. O resultado obtido pelos pesquisadores comprovaria a proposta de Max Born de interpretação da Equação de Schroedinger. Nesta interpretação, dá-se relativa importância ao quadrado da função de onda, ou seja, Ψ^2 . Em sua opinião qual a importância de Ψ^2 na interpretação da estrutura atômica? Por que precisamos desta interpretação?

ALUNO	RESPOSTAS
F1	Ψ^2 representa a probabilidade de se encontrar um ente quântico. A função de onda é complexa (escrita em termos de números complexos), e nenhuma grandeza física pode ser representada por uma função complexa.
F2	Como Ψ representa um componente complexo (i), logo ela não representa uma quantidade física, Max Born interpretou Ψ^2 como sendo a densidade de probabilidade (probabilidade de encontrar uma partícula no espaço). Precisamos dessa interpretação, pois existe a necessidade de sabermos uma possível região onde sabermos uma possível região onde podemos encontrar uma partícula.
F3	Porque ele nos dá a probabilidade de que um elétron seja encontrado em uma determinada posição do espaço, em um determinado instante de tempo.
F4	Corresponde a probabilidade de encontrar o elétron em uma dada posição do espaço em um dado instante de tempo.
F5	Max Born introduziu a interpretação probabilística, visto que a solução da equação de Schroedinger por si só não traz grandes informações. Esta interpretação é fundamental, pois as partículas sempre se apresentam num dos Estados previstos pelo modulo ao quadrado da função de onda. Precisamos dela pra prever os possíveis estados de um sistema.
F6	Ψ^2 se trata da densidade de probabilidade de encontrar a partícula na região proibida.
F7	Não sei.
F8	Ψ^2 é a densidade de probabilidade de encontrarmos a partícula em uma determinada região. Assim a interpretação da estrutura atômica (Somemefield) pode ser comprovada.
F9	A importância Ψ^2 dá um sentido a física, na física, ou seja na função onda.
F10	O Ψ^2 nos dá a probabilidade de se encontrar: o elétron num determinado espaço e tempo. Essa é sua importância na estrutura atômica.
F11	Porque ela é a “carta na manga” da solução. Se não presta atenção nela então a “mágica” não tem sentido.
F12	A importância será relativa a probabilidade de encontrar o elétron na qual Ψ^2 não dá.
F13	Segundo vimos na Física Moderna 1 e 2, podemos dizer que Ψ não tem sentido físico, sendo Ψ^2 a densidade de se encontrar alguma coisa em algum lugar.
F14	O Ψ^2 , ou densidade de probabilidade, é de uma importância significativa pois a função de onda Ψ por si só não tem significado físico, pois ela é uma função complexa. Assim o fato da inserção de Ψ^2 por Born veio dar uma norte a teoria com uma interpretação probabilística onde Ψ^2 significa a probabilidade de encontrar uma partícula em um determinada local do espaço.
F15	Ψ é uma equação de onda complexa e não possui sentido físico, já Ψ^2 é a densidade de probabilidade de se encontrar a partícula em algum lugar.
F16	A importância de Ψ é que ela representa o elétron como uma onda e não como partícula, pois é isso que o experimento da dupla fenda mostra o comportamento ondulatório.
F17	Não opinarei nessa questão.
F18	O Ψ^2 é a densidade de probabilidade, ou seja, é a probabilidade por unidade de comprimento de encontrar uma partícula nas proximidades do eixo x. Ψ^2 dá um significado físico para a função de onde. Significa real.
F19	A importância de Ψ^2 está no fato – e função de onda Ψ é uma função imaginária, assim não seria possível obter nenhuma grandeza física. Assim o quadrado da função de onda seria um mínimo real, o qual poderia fornecer informações sobre sua partícula. Esta interpretação é importante, pois segundo Max Born ela teria um contato, probabilístico, o qual poderia ser calculada valores mais prováveis de grandezas físicas como posição e momento.

Apêndice G.4 – Licenciatura em Física Respostas Questão 4:

A temperatura 0K (Kelvin) é conhecida como zero absoluto, na qual todo movimento molecular cessaria. O que dizer, nesta situação, das quantidades, posição e velocidade, e a determinação destas variáveis para as partículas nos limites da estrutura da matéria?

ALUNO	RESPOSTAS
F1	Ao zero absoluto, todo movimento molecular cessa, ou seja, velocidade nula (ou próximo disso). Pelo princípio da incerteza, se tivermos a velocidade bem definida, a posição fica totalmente indefinida.
F2	Há uma velocidade muito pequena a nível atômico, portanto o movimento molecular não cessaria totalmente. Mesmo assim, considerando que o movimento molecular cessaria, haveria o colapso do átomo e conseqüentemente um colapso da matéria. Mesmo com uma velocidade nula, há uma energia de repouso representada por $E=mc^2$.
F3	Isto violaria o princípio da incerteza uma vez que, se todo o movimento fosse interrompido, seria possível medir, com certeza, momento (velocidade) e posição.
F4	Que viola o princípio de incerteza de Heisenberg, pois não se pode determinar as duas variáveis ao mesmo tempo.
F5	Nesta situação teórica não haveria movimento das partículas e as grandezas posição e velocidade, para um observador em repouso em relação ao objeto seriam invariantes no tempo. Isso valeria o Princípio da Incerteza de Heisenberg, visto que este afirma que não é possível se conhecer com precisão, são posição e momentum de uma partícula ao mesmo tempo.
F6	No limite zero absoluto, não haveria movimento, conseqüentemente não haveria momento, segundo o princípio da incerteza, se tem o momento definido, não saberíamos a posição dela.
F7	No zero absoluto o movimento molecular deixaria de existir, sendo assim a posição e a velocidade de um elétron, por exemplo, não mudaria, seria constante e no caso da velocidade é igual a zero.
F8	Nessa situação a velocidade seria = 0 e o elétron seria atraído pelo núcleo, portanto, impossível, pois não haveria matéria.
F9	Por não conseguirmos concretizar uma temperatura como zero absoluto. Nesta situação os limites da estrutura da matéria não se cessariam.
F10	Essa situação violaria o princípio da incerteza, pois seria possível determinar posição e velocidade simultaneamente, e pelo $\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$ princípio da incerteza: sendo $p = mv$.
F11	Temperatura é o grau de agitação da molécula, se não existe temperatura, logo não existe agitação (= velocidade). Então não existem interações perceptivos entre as moléculas, os movimentos sempre existirão mas neste caso seriam contínuos.
F12	Na temperatura de 0K todo o movimento cessariam, pelo princípio da incerteza a localização do elétron será facilmente encontrada $\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$, porém o momento será indefinido.
F13	Se pensarmos nos quarks, acredito que a posição e velocidade dessas estruturas muito pequenas não ficam completamente móveis, e temos também o fato de que não encontramos o zero absoluto, existe?
F14	Não sei se podemos determinar estas variáveis, pois o fato de se ter um zero absoluto de temperatura não há uma confirmação de que o momento molecular cessaria realmente.
F15	Essa situação não é bem teoricamente. A temperatura 0K nunca foi atingida nem observada.
F16	Ainda não chegaram na temperatura de 0K. Quando chegar para saber se o elétron está parado nos precisamos enxergar ele e essa medida coloca o elétron em movimento, segundo o princípio da incerteza.
F17	O zero absoluto ainda não verificado nos proporcionaria o estudo do princípio da incerteza de Heisenberg.
F18	Nunca pensei nessa situação. Mas acredito que como essa temperatura é impossível de ser atingida; sempre iremos descrever a posição e velocidade da partícula nos modelos usuais.
F19	De acordo com a mecânica quântica toda partícula teria uma energia do ponto zero, assim levando em conta o aspecto ondulatório da matéria, mesmo a temperatura do zero absoluto as partículas ainda teriam um movimento mínimo devido a esta energia.

Apêndice G.5 – Licenciatura em Física Repostas Questão 5 :

Segundo a eletrodinâmica clássica, cargas opostas se atraem. No modelo atômico de Rutherford o elétron (negativo) “gira” ao redor do núcleo (positivo). A dúvida crucial seria: por que a eletrosfera não se colapsa com o núcleo?

ALUNO	RESPOSTAS
F1	No modelo de Rutherford, o movimento do elétron em torno do núcleo faz com que ele irradie e perca energia, sendo atraído pelo núcleo. Admitindo que o elétron não irradie (modelo de Bohr) o colapso do núcleo não faz sentido.
F2	Os elétrons não se chocariam com o núcleo devido a alta velocidade em que eles se moveriam.
F3	Porque o elétron só emite energia em determinadas frequências. Assim, as órbitas posteriormente propostas no modelo de Bohr, são estáveis.
F4	Porque o átomo só emite radiação para determinar frequências.
F5	Segundo a explicação moderna, o elétron tem sua energia quantizada, ou seja, qualquer que seja sua energia, ela deve ser um múltiplo inteiro e não nulo de h . Daí se conclui que os elétrons têm uma energia mínima que os permita transitar a certa distância do núcleo atômico evitando assim o colapso da matéria.
F6	Eu não sei.
F7	A eletrosfera não se colapsa com o núcleo, pois o elétron gira em alta velocidade.
F8	Alta velocidade de órbita dos elétrons
F9	Quando o elétron está em movimento o elétron perde energia. Devido a carga está em movimento.
F10	Na eletrodinâmica clássica quando os elétrons giravam em torno do núcleo ele irradiava energia e quanto mais ele irradia, mais ele perde energia e mais ele é atraído pelo o núcleo. Porém isso não acontece, ele só irradia em determinadas frequências, portanto a eletrosfera não colapsa com o núcleo.
F11	Existe a atração, no entanto ela não é forte suficiente para ser colapsada. Outros aspectos aparecem para manter os elétrons girando. Como por exemplo, a velocidade, energia e outras coisas que eu não sei.
F12	Existe a força centrípeta que empurra o elétron para fora e as cargas opostas empurram o elétron para dentro do núcleo, como o átomo é composto de níveis, o pulo dos níveis ocorre apenas com uma determinada energia. Portanto, apesar da força da carga ser maior que a centrípeta é necessário alcançar uma determinada energia para que ela possa mudar o nível e colapsar.
F13	Não sei.
F14	Acredito que pode ter alguma relação com a quantização do elétron em um estado ligado, o fato dele poder ter apenas valores definidos de energia. Mas também podemos pensar na alta velocidade do elétron e na força centrífuga gerada que tenta empurrar o elétron para fora de sua órbita.
F15	O modelo de Rutherford apresenta dois grandes defeitos, o primeiro é que cagas em movimento e aceleradas emitem radiação e, então segundo esse modelo o átomo deveria emitir radiação o tempo todo; o segundo problema é o descrito acima, os elétrons, deveriam colidir com o núcleo. Experimentalmente esse dois fenômenos não ocorrem e esses problemas não foram resolvidos por esse modelo, eles só foram resolvidos com os postulados do modelo de Bohr.
F16	O elétron que orbita o núcleo está submetido a um potencial atrativo. A energia do elétron é quantizada, ele descreve órbitas discretos e possui um momento. Se o elétron cair no núcleo ele não terá energia, mas a energia do elétron é quantizado e maior que zero. Se o elétron cair, a teoria do Bohr cai.
F17	Porque o elétron está submetido a um potencial e necessariamente o mesmo precisa perder energia para colapsar com o núcleo, mas sua energia é quantizada; por isso não colapsa.
F18	Quando o elétron está em movimento ele perde energia. Para acertar o modelo de o modelo de Rutherford, Bohr falou que o elétron tem energia constante.
F19	De acordo com a velha mecânica quântica de Bohr, a descrição dos modelos atômicos não seguem as leis da mecânica clássica. Para ele os elétrons apenas poderiam ocupar órbitas bem definidas ao redor do núcleo sem emitir radiação. De acordo com as explicações atuais a eletrosfera não.

Apêndice G.6 – Licenciatura em Física Respostas Questão 6: Certamente, você já ouviu falar no Método Científico, você se lembra de como é estruturado? Como pode ser explicado?

ALUNO	RESPOSTA
F1	O método científico é uma proposta para o desenvolvimento da Ciência. Está fundamentado no indutivismo, uma vez que tem a observação como premissa. A partir dos resultados da observação, são derivadas leis e teorias tornadas aplicáveis a todos os eventos através da generalização.
F2	Ele pode ser estruturado como: observação; repetição; interpretação; dedução generalização.
F3	-Observação, neutra, livre de pressupostos; -Experimentação, repetidas vezes, sob as mais diversas circunstâncias; -Obtenção de dados; -Generalização e elaboração de leis e teorias (indução). Desenvolvido essencialmente por Bacon e Galileu.
F4	-Observação (que deve ser livre de preconceitos); - Experimentação (que deve ser feita em um número considerável de vezes e sob diversas condições); -Obtenção e análise dos dados; -Generalização e elaboração de teorias.
F5	O método científico de baseia na premissa falsa de que é possível enunciar uma “verdade” científica a partir de um número finito de observações de um determinado fenômeno. Tal enunciação seria feita a partir da generalização de casos particulares reproduzidos em determinadas condições.
F6	É estruturado como: observação; repetição; interpretação; dedução; generalização.
F7	Observação, repetição, dedução, interpretação, generalização.
F8	Pode ser estruturado da seguinte forma: observação; repetição; interpretação; dedução; generalização.
F9	Observar, experimentar e generalizar. Pode ser explicado através do indutivismo.
F10	O método científico é o indutivismo ingênuo. A ciência começa com experimentação, em que o observador deve ser livre de qualquer preconceito ou opinião prévia, essa observação deve ser realizada de várias maneiras, sob várias circunstâncias e diversas vezes, para que a idéia possa ser generalizada e transformada em lei ou conceito, por meio da indução. Teve início com Francis Bacon.
F11	Depende de perspectiva epistemológica que você utiliza: -O indutivismo ingênuo, por exemplo: você precisa observar, ter um número grande de amostragem e nenhuma pode confrontar. Já paper diz que um bom método seria o que mais pode ser resultado. Então depende da visão de cada.
F12	Um dos métodos científico mais aceito é o falsionismo. Uma dada teoria passa por problemas é reformada ou substituída por outra mais aceita, essa nova teoria tem que passar por todos os problemas na qual a anterior não passou. Ela pode ocorrer com os experimentos, a generalização, repetindo várias vezes os experimentos de diferentes formas, a observação e a criação de uma teoria.
F13	Experimentação, observação, repetição, dedução e generalização. Ciência é tentativa e erro. A partir da observação e repetição vai se aprimorando até chegar a generalização.
F14	Acredito que o método científico está relacionado com a construção da ciência, uma “receita” de como a dada teoria é estabelecida que a sociedade considera como uma verdade absoluta e confiável.
F15	O método científico de Francis Bacon, mostrado pelo professor doutor Paulo Noronha Lisboa Filho são os cinco passos para a construção do conhecimento: observação, repetição, interpretação, dedução e generalização.
F16	O método científico é utilizado pelos indutivistas, onde a ciência é feita a partir de várias observações e após ter feito essas observações se chega a uma conclusão.
F17	O método científico é baseado na experimentação e nas observações, depois na interpretação e em generalizações.
F18	-Observar; -Experimentar; -Generalizar. Indutivismo.
F19	Bom, fora de questões selecionadas à disciplina, o método científico presenciado durante as aulas práticas é o método de experimento que é baseado na teoria, onde é baseado resultados por meio de diferentes métodos e interpretações.

Apêndice G.7 – Licenciatura em Física Respostas Questão 7 :
Ainda sobre o Método Científico, é essencial que o mesmo seja aplicado para que uma teoria seja comprovada (Corroborada)?

ALUNO	RESPOSTAS
F1	Rigorosamente, não há meios seguros para dizer que uma teoria é verdadeira ou falsa. O método científico, pautado no indutivismo, apresenta falhas de modo que pode haver métodos mais eficazes para corroborar uma teoria.
F2	Não, pois uma teoria pode ser comprovada após a elaboração de conteúdos que podem explicar um determinado experimento.
F3	A experimentação é um passo importante para que uma teoria receba um status de “viável” perante a comunidade científica. Mas esta experimentação não é fator definitivo para comprovar ou refutar tal teoria, uma vez que estas experiências são limitadas por fatores, como por exemplo, o desenvolvimento tecnológico da época.
F4	Não necessariamente, pois há possibilidades de comprová-la por meios que não a experiência, tal como a matemática, por exemplo.
F5	Sem dúvida nenhuma uma teoria precisa ter alguma relação com a experimentação, porém, isso é diferente de afirmar que ela deva, necessariamente, ser uma generalização feita a partir da reprodução de determinado fenômeno.
F6	Não, pois o método científico se trata apenas de uma generalização, não de uma confirmação, pois a teoria sempre está sujeita a erros.
F7	O método científico é um processo que precisa-se seguir para obter uma teoria bem elaborada.
F8	Não, pois ao longo da H.C. nem sempre o método científico foi seguido para que teorias fossem corroboradas.
F9	Não exatamente essencial, é necessário o método científico para a comprovação da teoria.
F10	Eu acredito que a teoria pode ser comprovada pela experiência, mas não somente por ela. Também é possível comprovar uma teoria por métodos matemáticos quando não se tem aparatos tecnológicos suficientes, como quando a teoria da relatividade foi proposta.
F11	Não, por exemplo Stephen Hawking, sua teoria é válida, mas não existe comprovação prática, pelo menos ainda.
F12	Sim, a teoria é comprovada através do experimento e o resultado do experimento comprova a teoria. Se a teoria não corresponde com o experimento significa que ela tem falhas.
F13	Sim. É essencial para que seja comprovada, ela precisa passar por testes e experimentações.
F14	Acho que não é legal dizer “comprovada” ou corroborada, pois o fato de uma teoria ser testada por um método científico é para ver o quão eficiente ela é até o momento. Assim podemos falar que uma teoria é válida ou não.
F15	Não, pois vemos na história da ciência que nem sempre o conhecimento científico é construído dessa forma. Inclusive é muito complicado encontrar uma teoria da evolução e construção do conhecimento científico que consiga abranger toda a história.
F16	Para uma teoria ser comprovada ela precisa ser compatível com o experimento. Se você aplica o método científico você está testando essa teoria, se o que for observado é diferente da teoria é necessário rever a teoria.
F17	É essencial sim, pois é o fato de mostrar e arquitetar como uma teoria é comprovada e criada.
F18	Não necessariamente. Podemos experimentar, fazer uma teoria e generalizar.
F19	Não necessariamente, há diversos exemplo na física onde o conhecimento científico foi obtido referentemente (insight) e não seguiram os passos do método científico. Acredito que ele nada mais é que um parâmetro para que a ciência possa se apoiar.

Apêndice G.8 – Licenciatura em Física Respostas Questão 8 :

O princípio de Incerteza estipula que posição e momento (velocidade) não podem ser medidos ao mesmo tempo com precisão máxima para o elétron. Na sua opinião o que limita esta medida? Este problema há de ser superado? Como?

ALUNO	RESPOSTAS
F1	Acredito que seja uma característica intrínseca da natureza, consequência natural das deduções matemáticas. Assim sendo , não constitui um problema a ser superado.
F2	O que limita esta medida é o fato do elétron ser uma entidade quântica e quando há uma medição sobre uma entidade quântica a mesma sofre uma perturbação, quebrando o que chamando de coerência quântica. Esse mesmo problema também segue no par energia e tempo, esse fato não deve ser superado devido a natureza quântica das partículas.
F3	O modo de interação com o elétron. Para a medida de um grandeza interfere na medida da outra.
F4	Limita o fato de que quando nos referimos a posição estamos tratando da luz como de origem corpuscular , e já quanto ao momento, estamos tratando a luz como de origem ondulatória.
F5	O que limita é o caráter ondulatório. A onda é um fenômeno não local por assim dizer. E na interpretação moderna o elétron seria uma espécie de pacote de ondas. Creio que este seja o problema difícil de ser superado e não há como afirmar se isto ocorrerá ou não, pois a ciência é dinâmica.
F6	Quando se sabe a posição, não dá para saber o momento . Quando sabemos o momento, não sabemos a posição. Não há se ser superado.
F7	Na minha opinião o que limita esta medida é o fato de o elétron neste caso ser encarado com um comportamento ondulatório, sendo assim se torna muito difícil fazer a relação entre a posição e o momento. Não acredito que esta questão será superada facilmente, precisa-se estudar e compreender um pouco mais sobre o elétron.
F8	Os métodos de medida limitam a precisão de encontrarmos a posição e a velocidade da partícula. Se melhorarmos os métodos de medida poderíamos, talvez superar esse problema.
F9	A posição fica imprecisa quando tentamos realizar uma precisão.
F10	O que limita essa medida é o comportamento dual onda/partícula, pois o pacote de onda não é bem definido, não sendo possível determinar ao mesmo tempo e com precisão máxima a posição e o momento. Não sei como esse problema pode ser superado.
F11	Isso é uma consequência do modelo ondulatório com a matemática que temos não tem como ser superado. Assim como Newton fez uma “nova matemática” para explicar suas teorias, para solucionar tal problema seria preciso uma “nova matemática.”
F12	Isso se deve pela dualidade onda partícula do elétron. Se tivermos apenas um único comprimento de onda é possível medir o momento e não medir a posição. Como temos um pacote de onda a superposição das ondas encontramos a posição e o momento ficam indefinidos.
F13	Também não sei. Princípio de Incerteza é Física Moderna pura e isso é muito para mim. Daqui dois anos!
F14	Na verdade o princípio da incerteza é uma consequência do comportamento ondulatório do elétron – sobreposição de várias ondas onde assim começa-se haver interferências entre elas. O caso de limitar a medida é devido ao fato de que, se você quiser fazer alguma medida de um sistema quântico, o fato de você tentar medir, já é uma interferência no sistema. Acredito eu não há como superar este problema porque o fato de se querer medir algo em sistemas quânticos sempre haverá uma interferência no sistema.
F15	O princípio da Incerteza é um problema da própria medida, ele significa a interferência que a medição causa ao sistema, por exemplo, para enxergarmos um elétron, precisamos atingi-lo com um fóton, segundo a teoria atual, provavelmente não será resolvido.
F16	O que limita o experimento são os instrumentos de medida. Ele pode ser superado se dor constituído um instrumento de medida que não influência na posição e momento do elétron. Mas se esse problema for resolvido, o princípio da Incerteza terá que ser alterado.
F17	O que limita é o simples fato de somente estarmos fazendo a medida, olhando para o elétron se pudéssemos, já estaríamos alterando as medidas. Pode ser que sim e que não seja superado.
F18	Para observar a medida causa “perturbação” e a posição será imprecisa. Se quanto maior a precisão na posição , menos é o momento.
F19	O que irá limitar a medida será o próprio ajuste do equipamento de medida, se é desejável está precisão da posição, o momento estará comprometido e vice-e-versa. Acredito que este problema não será superado, pois se trata de uma propriedade de matéria, porém precisões dos aparelhos de medida sim.

Anexo A.1 - Relatório concebido pelo Grupo Q1: AQ7 e AQ18

1. Objetivo:

Desenvolvimento de um modelo teórico, seguindo uma metodologia científica partindo do princípio da observação, seguida de experimentação, da formulação de hipóteses e por fim da verificação.

2. Introdução:

A proposta feita ao grupo consistia no desenvolvimento de um modelo teórico para explicar um fenômeno que poderia ter lugar dentro de um tubo e dentro de um tubo menor, em cada um, uma esfera, em situações aparentemente simples revelou-se um tanto complicada, quando o grupo deparou-se com a seguinte questão: "Qual a posição da esfera dentro de cada um dos tubos?"

Diante desta situação problemática, o grupo optou em partir do princípio da observação, em seguida foram feitas experimentações que poderiam auxiliar na compreensão do tamanho e mobilidade dessa esfera dentro dos tubos, isso levaria por integrante do grupo uma noção do espaço interno ocupado por cada esfera e, assim, quanto ao material de que eram feitas as esferas.

3. Procedimento:

- 3.1. Evoluiu-se com auxílio das mãos a tomada de cada cubo,
- 3.2. Evoluiu-se com auxílio das mãos a mobilidade de cada espina nos seus respectivos cubos.
- 3.3. Evoluiu-se de forma hipotética quanto ao material de que eram constituídas as espinas, tendo por facto os movimentos dos cubos com as mãos e observando a intensidade dos raios emitidos em cada cubo.

4. Resultados:

Cubo	Intensidade do ruído da espina	suporte material da espina
1	nenhum	
2		
3		

Cubo	Mobilidade
1	baixa nenhuma
2	baixa
3	alta

5. Conclusões

Essas situações são fontes de um vasto número de ideias e, depois, geram, o grupo, tem que apresentar a sua, através da interpretação de cada um dos hipotéticos suportes pelo interior do grupo, com o seu maior número de ideias, por meio de um modelo teórico no qual podemos estudar

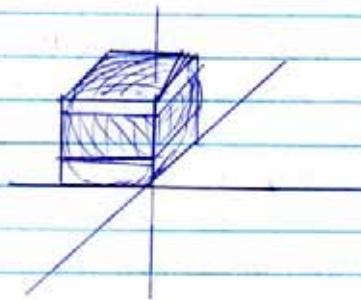
1 1

a responder a questão inicialmente proposta: qual a posição da esfera dentro do cubo?

6. Conclusão:

Observando através dos experimentos realizados em sala de aula que, os esferas mencionam com suas respectivas cubos, uma relação entre seus volumes e também uma possibilidade de uma das esferas estar presa no centro do seu respectivo cubo.

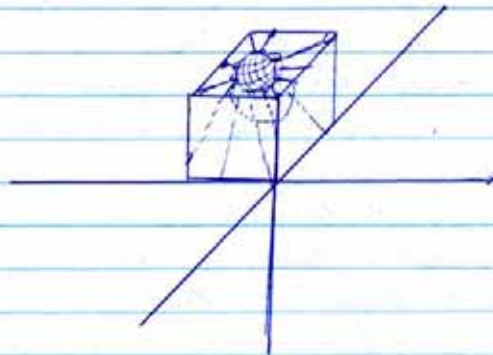
A ausência de ruído no cubo 1 sugere que a esfera exterior de alguma maneira fina, partindo deste fato, sugere-se que o diâmetro da esfera é igual ao lado do cubo 1, segundo desenho abaixo:



Com isso, chegou-se a conclusão de que no cubo 1 a medida do diâmetro da esfera é igual a medida interna do cubo, portanto, que esta esfera ocupa o centro do cubo tocando nas laterais, porém, não se move.

No cubo 2, onde observou-se uma baixa mobilidade da esfera, isto pode sugerir ao grupo que a esfera poderia estar

grava por algumas semanas. Se a esfera está grava, sua posição interna diretamente logo relacionado ao comprimento e da quantidade de comarras, podendo então, ser por qualquer lugar no centro exato do cubo, segue do o desenho:



No cubo 3, onde ficou evidente a presença de uma esfera rígida, constituída de um material com uma densidade elevada, com volume menor do que o volume do cubo 3, constatou-se também que a mesma percorria os espaços do cubo livremente. O grupo concluiu com uma observação, experimentação que a posição da esfera não seria possível de se determinar, porém, o que se pode determinar foi a possibilidade de se encontrar esta esfera no cubo 3, através das relações entre o volume do cubo 3 e a esfera que seu interior.

De um modo geral, no três casos, o grupo concluiu que a posição da esfera em cada cubo está em relação entre o volume do cubo e o volume da esfera. Portanto, posição exata não se pode determinar, o que se

1 1

podemos determinar a probabilidade de um elétron estar num certo volume ou lugar no espaço dentro do átomo. Uma vez que estes elétrons não possuem uma órbita definida, nem tipo de coordenada, não se pode determinar sua posição exata.

$$P_r = \frac{V_{\text{volume}}}{V_{\text{esfera}}} = \frac{\Delta^3}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

MÉTODO CIENTÍFICO

INTRODUÇÃO

O método científico pode ser definido como a maneira ou o conjunto de regras básicas empregadas em uma investigação científica com o intuito de obter resultados o mais confiáveis quanto for possível. Entretanto, o método científico é algo mais subjetivo, ou implícito, do modo de pensar científico do que um manual com regras explícitas sobre como o cientista, ou outro, deve agir.

Geralmente o método científico engloba algumas etapas como: a observação, a formulação de uma hipótese, a experimentação, a interpretação dos resultados e, por fim, a conclusão. Porém alguém que se proponha a investigar algo através do método científico não precisa, necessariamente, cumprir todas as etapas e não existe um tempo pré-determinado para que se faça cada uma delas. Charles Darwin, por exemplo, passou cerca de 20 anos apenas analisando os dados que colheira em suas pesquisas e seu trabalho se constitui basicamente de investigação, sem passar pela experimentação, o que, contudo, não torna sua teoria menos importante. Algumas áreas da ciência, como a física quântica, por exemplo, baseiam-se quase sempre em teorias que se apóiam apenas na conclusão lógica a partir de outras teorias e alguns poucos experimentos, simplesmente pela impossibilidade tecnológica de se realizar a comprovação empírica de algumas hipóteses.

O método científico como conhecemos hoje foi o resultado direto da obra de inúmeros pensadores que culminaram no "Discurso do Método" de René Descartes, onde ele coloca alguns importantes conceitos que permeiam toda a trajetória da ciência até hoje. De uma forma um pouco simplista, mas apenas para dar uma visão melhor do que se trata o método proposto por Descartes, que acabou sendo chamado de "Determinismo Mecanicista", "Reduccionismo", ou "Modelo Cartesiano", ele baseia-se principalmente na concepção mecânica da natureza e do homem, ou seja, na concepção de que tudo e todos podem ser divididos em partes cada vez menores que podem ser analisadas e estudadas separadamente e que (para usar a frase clássica) "para compreender o todo, basta compreender as partes".

Talvez, o exemplo mais fácil de se verificar o método proposto por Descartes, seja através da medicina: baseada no modelo cartesiano a medicina se dividiu em especialidades cada qual procurando entender os mecanismos de funcionamento de um órgão ou parte específica do corpo humano. As doenças passaram a ser encaradas como algum distúrbio em determinada parte que constitui o homem, e o homem em si, como um todo, deixa de ser considerado na investigação da medicina segundo modelo cartesiano.

Que o método de Descartes funcionou não resta dúvidas, a ciência evoluiu como nunca com a aplicação deste método. Porém a ciência que tinha como objetivo primeiro, proporcionar o bem estar ao homem através da compreensão e modificação da natureza à seu favor, como propôs Francis Bacon seguido por Descartes, perdeu seu sentido. Com a aplicação do modelo reducionista em todas as áreas do conhecimento as interações entre as partes

e o todo e entre este e outros deixou de ser considerada causando sérios distúrbios sociais, ambientais e ameaçando até a existência do próprio homem em contradição com seu princípio fundamental.

OBJETIVO

Aplicar um método científico através de uma simples prática com uma esfera e uma caixa.

METODOLOGIA

➤ Problematização

Qual a posição exata da esfera dentro da caixa?

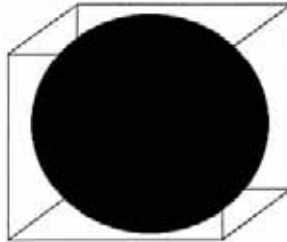
A princípio com a caixa sobre a mesa não era possível prever qual a posição da esfera.

Foram proposta 3 caixas de tamanhos diferentes.

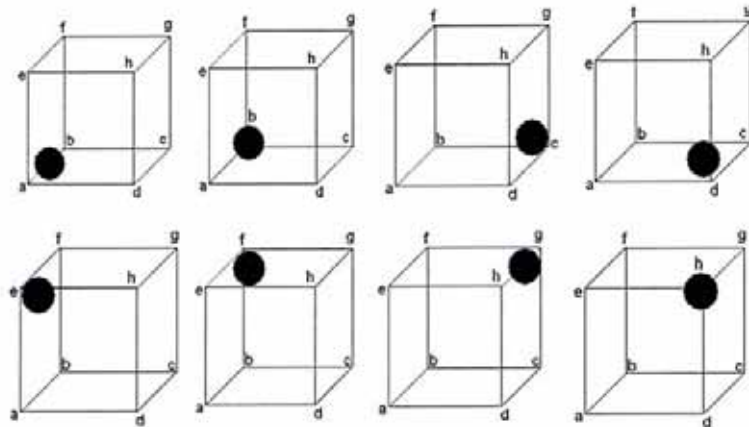
As hipóteses começaram a surgir a partir do momento em que pegamos a caixa.

➤ Hipótese e Experimentação

Na primeira caixa, a menor caixa, pelo peso e por não fazer nenhum barulho ao mexe-la, supomos que não havia nenhuma esfera na caixa ou então que era uma bola do tamanho exato da caixa, o que não era possível realizar nenhum movimento dentro da mesma. Então a posição exata da esfera seria o centro a caixa.

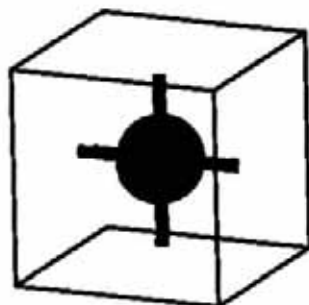


Na segunda caixa, a caixa intermediária, a esfera estava solta, portanto a posição exata da esfera iria depender do referencial tomado.



A esfera também poderia estar no centro da superfície de cada aresta, porém não é uma possibilidade certa pois seria necessário equilíbrio para fazer a esfera estacionar exatamente no centro.

Para a terceira caixa, ao movimentar a caixa com força foi possível mover a bola, pois ela estava presa no centro da caixa com elástico para que após o movimento sempre voltasse a sua posição inicial.



CONCLUSÃO

Numa metodologia científica os passos que devem ser seguidos são a problematização, seguida de uma hipótese que deve ser testada através da experimentação, se esta der certo parte-se para a formulação de uma teoria seguida de uma conclusão, se não volta-se para a hipótese.

Na presente problematização, não pudemos prever a posição exata da esfera na caixa sem perturbar o meio alterando assim a condição inicial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.infoescola.com/ciencias/metodo-cientifico/> acessado em

07/10/2010

Anexo A.3 - Relatório concebido pelo GrupoQ3: AQ13, AQ14 e AQ19

Introdução

O método científico é um conjunto de regras básicas para desenvolver uma experiência a fim de produzir novo conhecimento, bem como corrigir e integrar conhecimentos pré-existentes. Na maioria das disciplinas científicas consiste em juntar evidências observáveis, empíricas (ou seja, baseadas apenas na experiência) e mensuráveis e as analisar com o uso da lógica. Para muitos autores o método científico nada mais é do que a lógica aplicada à ciência.

Geralmente o método científico engloba algumas etapas como: a observação, a formulação de uma hipótese, a experimentação, a interpretação dos resultados e, por fim, a conclusão. Porém alguém que se proponha a investigar algo através do método científico não precisa, necessariamente, cumprir todas as etapas e não existe um tempo pré-determinado para que se faça cada uma delas. Se confirmadas, as hipóteses podem gerar leis e teorias. Integrando-se hipóteses de certa área em uma estrutura coerente de conhecimento contribui-se na formulação de novas hipóteses, bem como coloca as hipóteses em um conjunto de conhecimento maior que são as leis e teorias reconhecidas consensualmente pela comunidade científica e/ou o paradigma de seu tempo.

Outra característica do método é que o processo precisa ser objetivo, e o cientista deve ser imparcial na interpretação dos resultados. Sobre a objetividade, ou seja, atente às propriedades do objeto e não do sujeito (subjetividade), é conhecida a afirmação de Hans Selye, pesquisador canadense que formulou a moderna concepção de stress: "Quem não sabe o que procura não entende o que encontra" referindo-se à necessidade de formulação de definições precisas (a essência dos conceitos) e que possam ser respondidas com um simples sim ou não. Tanto a imparcialidade (evidência) como a objetividade foram incluídas por René Descartes (1596 – 1649) nas regras lógicas que caracterizam o método científico.

Além disso, o procedimento precisa ser documentado, tanto no que diz respeito à fonte de dados como às regras de análise, para que outros cientistas possam re-analisar, reproduzir e verificar a confiabilidade dos resultados. Assim se distinguem os relatos científicos (artigos, monografias, teses e dissertações) de um simples estilo (padrão) ou arquitetura de texto orientados pelo que caracterizam as normas da Retórica ou o estudo do uso persuasivo da linguagem, em função da eloquência.

É comum o uso da análise matemática ou estatística, quando possível, ou aproximação de modelos abstratos (tipos ideais) e categorias de classificação a depender do objetivo da pesquisa (identificar, descrever, analisar) que pode ser basicamente quantitativa ou qualitativa.

A divisão da ciência em áreas ou disciplinas científicas distintas tem levado a tais adequações da metodologia. É comum a afirmação de que em função da evolução do método científico num extremo temos a física e química seguida da biologia e da geologia e por último as ciências sociais, psicologia e ciências jurídicas quase se aproximando da filosofia e estudo das crenças (senso comum) ou ciências do espírito (sistemas mítico - religiosos).

Contudo pesquisadores contemporâneos vêem nessas duas abordagens uma oposição complementar, enquanto que as pesquisas quantitativas que visam descrever e explicar fenómenos que produzem regularidades mensuráveis são recorrentes (ou discrepantes) e exteriores ao sujeito (objectivos), na pesquisa qualitativa o observador (sujeito) é da mesma natureza que o objecto de sua análise e, ele próprio, uma parte da sua observação (o subjectivo).

É importante ter em mente que as pesquisas científicas se relacionam com um modelo (paradigmático) ou uma constelação de pressupostos e crenças, escalas de valores, técnicas e conceitos compartilhados pelos membros de uma determinada comunidade científica num determinado momento histórico.

Objetivos

Determinar a posição inicial e o tamanho da esfera contida em cada caixa.

Materiais utilizados e procedimento

Materiais

Três caixas de madeira de tamanhos diferentes, devidamente lacradas e com uma esfera desconhecida dentro de cada.

Procedimento

Verificou-se era possível determinar qual o tipo e o tamanho da esfera contida em cada caixa, bem como sua posição inicial, realizando apenas uma visualização das caixas. Em seguida, o grupo de caixas foi entregue, com a finalidade de se utilizar o tato e a audição para a realização do estudo.

Após a análise das caixas, desenhou-se a posição e o tamanho de cada esfera. Em seguida, as caixas foram abertas e seu conteúdo foi verificado.

Resultados e Discussão

Utilizando-se a análise visual das caixas não foi possível chegar a nenhuma conclusão, sendo necessário outro tipo de análise mais palpável.

Ao efetuar-se a análise das caixas, utilizando-se o tato e a audição, notou-se que aparentemente a primeira caixa não possuía nenhuma esfera, pois não foi possível detectá-la através dos métodos utilizados. Na segunda caixa, detectou-se que havia uma esfera solta dentro, possivelmente, uma bola de pingue-pongue, devido ao seu peso e barulho gerado quando a caixa era

agitada. Na terceira, notou-se que existia uma esfera presa por molas, mas seu tamanho e posição não foram exatamente determinados.

Com a observação do interior de cada caixa, verificou-se que, na primeira, continha uma esfera de isopor que estava em contato com as laterais e o fundo da caixa, por este motivo a esfera não se movia dentro da caixa, não sendo possível detectar seu peso e movimento. Na segunda caixa, observou-se que esta possuía uma esfera solta, conforme previsto, entretanto ao invés de ser uma bola de pingue-pongue era uma bola de gude (bola de vidro). Na terceira, a esfera estava presa no centro da caixa por 2 elásticos, de modo que cada elástico era transpassado pelo centro da esfera e preso em cada lateral da caixa.

O método utilizado não foi totalmente eficaz, pois na primeira caixa não foi possível detectar a presença da esfera; na segunda caixa não foi possível determinar a posição e o tamanho exato da esfera, apenas determinou-se que havia uma esfera pequena e solta dentro da caixa; na terceira caixa não foi possível determinar como o sistema estaria composto, nem o tamanho da esfera.

Conclusão

Na primeira caixa não foi possível detectar a presença da esfera. Na segunda caixa não foi possível determinar a posição e o tamanho exato da esfera, apenas determinou-se que havia uma esfera pequena e solta dentro da caixa. Na terceira caixa não foi possível determinar como o sistema estaria composto, nem o tamanho da esfera. Concluiu-se assim que o método não foi eficaz.

Bibliografia

<http://www.infoescola.com/ciencias/metodo-cientifico/>
http://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_cient%C3%ADfico

Anexo A.4 - Relatório concebido pelo Grupo Q4: AQ1, AQ6, AQ9, AQ11, AQ14, AQ15, AQ16, AQ17, AQ21, AQ22.

1.Introdução

A palavra método vem do grego μέθοδος , métodos, caminho para chegar a um fim. O método científico é um conjunto de regras básicas para desenvolver uma experiência a fim de produzir novo conhecimento, bem como corrigir e integrar conhecimentos pré-existentes. Na maioria das disciplinas científicas consiste em juntar evidências observáveis, empíricas, ou seja, baseadas apenas na experiência, e mensuráveis e as analisar com o uso da lógica. Para muitos autores o método científico nada mais é do que a lógica aplicada à ciência.

Metodologia literalmente refere-se ao estudo dos métodos e, especialmente, do método da ciência, que se supõe universal. Embora procedimentos variem de uma área da ciência para outra, diferenciadas por seus distintos objetos de estudo, consegue-se determinar certos elementos que diferenciam o método científico de outros métodos, como por exemplo, o filosófico, algoritmo – matemático, etc.

Primeiramente os pesquisadores definem proposições lógicas ou hipóteses para explicar certos fenômenos e observações, e então desenvolvem experiências que testam essas hipóteses. Se confirmadas, as hipóteses podem gerar leis e teorias. Integrando-se hipóteses de certa área em uma estrutura coerente de conhecimento contribui-se na formulação de novas hipóteses, bem como coloca as hipóteses em um conjunto de conhecimento maior que são as leis e teorias reconhecidas consensualmente pela comunidade científica e/ou o paradigma de seu tempo.

Outra característica do método é que o processo precisa ser objetivo, e o cientista deve ser imparcial na interpretação dos resultados. Sobre a objetividade, ou seja, atente às propriedades do objeto e não do sujeito (subjetividade), é conhecida a afirmação de Hans Selye, pesquisador canadense que formulou a moderna concepção de stress: "Quem não sabe o que procura não entende o que encontra" referindo-se à necessidade de formulação de definições precisas e que possam ser respondidas com um simples sim ou não. Tanto a imparcialidade como a objetividade foram incluídas por René Descartes (1596 – 1649) nas regras lógicas que caracterizam o método científico.

Além disso, o procedimento precisa ser documentado, tanto no que diz respeito à fonte de dados como às regras de análise, para que outros cientistas possam re-analisar, reproduzir e verificar a confiabilidade dos resultados. Assim se distinguem os relatos científicos (artigos, monografias, teses e dissertações) de um simples estilo ou arquitetura de texto orientados pelo que caracterizam as normas da Retórica ou o estudo do uso persuasivo da linguagem, em função da eloquência.

É comum o uso da análise matemática ou estatística, quando possível, ou aproximação de modelos abstratos, tipos ideais, e categorias de classificação a depender do objetivo da pesquisa que pode ser basicamente quantitativa ou qualitativa.

A divisão da ciência em áreas ou disciplinas científicas distintas tem levado a tais adequações da metodologia. É comum a afirmação de que em função da evolução do método científico num extremo temos a física e química seguida da biologia e da geologia e por último as ciências sociais, psicologia e ciências jurídicas quase se aproximando da filosofia e estudo das crenças (senso comum) ou ciências do espírito (sistemas mítico - religiosos).

Contudo, pesquisadores contemporâneos vêem nessas duas abordagens uma oposição complementar, enquanto que as pesquisas quantitativas que visam descrever e explicar fenômenos que produzem regularidades mensuráveis são recorrentes (ou discrepantes) e exteriores ao sujeito (objetivos), na pesquisa qualitativa o observador (sujeito) é da mesma natureza que o objeto de sua análise e, ele próprio, uma parte da sua observação (o subjetivo).

É importante ter em mente que as pesquisas científicas se relacionam com um modelo (paradigmático) ou uma constelação de pressupostos e crenças, escalas de valores, técnicas e conceitos compartilhados pelos membros de uma determinada comunidade científica num determinado momento histórico.

Um tópico na Química que gera discussões para ser provado a partir do método científico, usando de experimentação é a Química Quântica. Como se deve provar seus conceitos a partir de um experimento, se não vemos o necessário?

A Química Quântica é o ramo da Química que, usando as ferramentas da Mecânica Quântica, visa explicar e prever o comportamento de sistemas físico-químicos microscópicos, tais como átomos, moléculas, íons e redes cristalinas. Via de regra, os sistemas assim abordados são demasiadamente simples, dada a imensa elaboração necessária do formalismo matemático para se analisar sistemas mais complexos.

A mecânica quântica fundamenta-se numa série de postulados firmados sobre uma base matemática abstrata, nascida da generalização dos fenômenos quânticos observados (e até então não compreendidos) no começo do século XX.

A compreensão da natureza das propriedades de átomos, moléculas e sistemas mais complexos está diretamente relacionada com a distribuição e o comportamento das partículas microscópicas que os constitui. Diversas evidências experimentais sugeriram que a estrutura de átomos e moléculas não poderiam ser explicados por princípios baseados na mecânica clássica. Experimentos, tais como: a radiação do corpo negro, capacidade calorífica e espectros atômicos e moleculares, sugeriram que os processos de absorção ou emissão de energia só poderiam ser explicados admitindo-se que a energia envolvida nesses processos seria quantizada e não contínua, como prevê a mecânica clássica. A nova mecânica criada para conciliar os aspectos observados com a hipótese de quantizações de determinadas propriedades microscópicas foi denominada de Mecânica Quântica.

Duas versões dessa nova mecânica foram formuladas pelos físicos Erwin Schrödinger e Werner Heisenberg, em trabalhos e métodos matemáticos diferentes, porém equivalentes. O princípio da incerteza, desenvolvido pelo físico alemão Werner Heisenberg, estabelece que é impossível conhecer simultaneamente a posição e a energia de uma partícula tal como o elétron.

Isso porque, para se estudar uma partícula, é preciso interagir de alguma maneira com esta partícula. Nenhum instrumento pode "sentir" ou "ver" um elétron sem influenciar intensamente o seu movimento. Se, por exemplo, construíssemos um microscópio tão poderoso, capaz de localizar um elétron, teríamos de usar uma radiação com um comprimento de onda muito menor que o da luz. (Para que um objeto diminuto possa ser visto num microscópio, o comprimento da luz utilizado deve ser menor que o diâmetro do objeto.) Esse

supermicroscópio imaginário deveria, para isso, usar raios x ou raios g. Mas a energia destas radiações é tão grande que modificaria a velocidade e, consequentemente, o momento do elétron, numa quantidade grande e incerta.

O princípio da incerteza pode ser assim interpretado: quanto mais de perto tentarmos olhar uma partícula diminuta, tanto mais difusa se torna a visão da mesma.

2. Objetivos

Verificar se há esferas, e sua posição exata dentro das três caixas expostas sobre a mesa, visando um método científico fazendo alusão à experimentação da química quântica.

3. Materiais e métodos

- Três caixas de madeira;
- Uma bola de isopor;
- Uma bola de vidro;
- Uma bola de madeira;
- Elásticos e pregos;
- Fita adesiva.

4. Procedimento experimental

- Inicialmente observou-se as três caixas de madeira sem movimenta-las;
- Em seguida uma discussão sobre como as esferas poderiam estar nas caixas, sem pega-las ou move-las foi desencadeada;
- Após a discussão, foi movimentada as caixas, para então deduzir-se como poderia ser a posição das esferas dentro de cada uma das caixas, sem abri-las.
- Desenhou-se então a idéia proposta pelo grupo.

5. Resultados e discussão

A localização e o momento de uma partícula são complementares. Em outras palavras, ambos não podem ser conhecidos simultaneamente com precisão arbitrária.

A relação quantitativa entre a precisão de cada medida é descrita pelo princípio da incerteza de Heisenberg, com este princípio é possível estimar a incerteza mínima na posição de uma esfera de determinada massa, sabendo a velocidade conhecida e a velocidade de um elétron confinado em um diâmetro de um átomo típico.

Esperando que a incerteza na posição de um objeto pesado, como uma esfera, seja muito pequena, mas que a incerteza da velocidade de um elétron, que é muito leve e está confinado em uma região de diâmetro pequeno, seja muito grande.

Os cientistas do século XX tiveram que refazer sua descrição da matéria para levar em conta a dualidade onda-partícula. Um dos primeiros a formular uma teoria bem sucedida foi o cientista austríaco Erwin Schrödinger, em 1927.

Como as partículas têm propriedades de onda, não podemos esperar que elas se comportem como objetos pontuais que se movem em trajetórias precisas. A abordagem de Schrödinger foi substituir a trajetória precisa da partícula por uma função de onda, ψ (a letra grega ψ), uma função matemática com valores que variam com a posição.

Não há nada de misterioso sobre a forma das funções de onda. Elas são funções matemáticas, como $\sin x$, uma função que varia como uma onda, uma função que decai exponencialmente até zero.

6. Conclusão

Através do experimento proposto pode-se concluir que não há como afirmar a posição exata inicial das esferas dentro das caixas, pois não houve subsídios suficientes para que a dedução seja concreta. Portanto, o método científico aplicado não foi eficiente na experimentação.

Referência

<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ea000228.pdf>

http://www.saberweb.com.br/quimica/quimica_quantica.htm

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/mecanica-quantica/mecanica-quantica.php>

Anexo B.1 - Relatório concebido pelo Grupo F1: AF1, AF5, AF11, AF12 e AF14.

Relatório: Experimento das caixas

Objetivo: determinar a posição inicial da bolinha dentro da caixa.

Materiais utilizados

- 3 caixas de diferentes tamanhos vedadas
- uma contendo uma bolinha de gude livre
- uma contendo uma bolinha presa por elásticos
- uma contendo uma esfera de isopor circunscrita
- folhas de papel sulfite

Montagem experimental



Procedimento experimental

Recebemos as três caixas tais como mostradas na figura, sem conhecer no entanto seu conteúdo. A única informação disponível e plausível num primeiro momento era a de que havia uma bolinha em uma das caixas. Fomos incen-

* exata

credoal

tivados a explorar as outras duas caixas, que diferentemente da primeira, não emitiam nenhum som. Agitando as caixas com mais intensidade, começamos a notar a existência de algum objeto que só interagia sob condições específicas de manuseio. Acabamos fugindo um pouco do objetivo do experimento na tentativa de desvendar o interior das caixas. Deveríamos expressar por meio de ilustrações a resposta à questão inicial, a posição inicial exata da bolinha. Além do trabalho de agitação das caixas, tentamos arranjar as caixas, empilhando-as e colocando-as lado a lado. Após muitas reflexões e discussões, chegamos às seguintes conclusões:

- uma das caixas continha uma bolinha livre, portanto era impossível determinar sua posição inicial
- uma das caixas continha uma bolinha presa por elásticos, porque oferecia mais resistência à emissão de som quando agitada a caixa.
- uma das caixas continha uma bolinha envolta numa massa (algodão) que dificultava sua colisão com as paredes da caixa. A determinação da posição inicial não era possível.

Ao final do experimento, o conteúdo das caixas foi revelado e foram feitas algumas considerações finais.

Considerações finais

Uma questão importante por nós desconsiderada foi o fato de que a posição inicial da bolinha foi perdida desde o princípio, na entrega das caixas. Isso recorda um princípio físico básico que é a interferência da medida no resultado obtido. Fazendo uma analogia com a Física Moderna, a bolinha poderia ocupar qualquer posição na caixa, e sua posição exata só poderia ser aferida ao abrirmos a caixa.

Pudemos constatar também a dependência do sentido da visão na percepção do universo.

Anexo B.2 - Relatório concebido pelo Grupo F2: AF2, AF3, AF4, AF8, AF9, AF10 AF18.

GRUPO: André, Marina, Regiane, Pedro, Rodrigo, Vinícius, Daniel, *Marcelos*.

Relatório

Objetivo

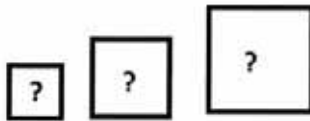
Analisar como a observação interfere no experimento.

Material

- 3 caixas de madeira lacradas, de tamanhos diferentes com objetos desconhecidos em seu interior.

Procedimento experimental

Manipulamos as caixinhas, tentando sentir e ouvir os possíveis movimentos de um suposto corpo (bolinha) que estava no interior da caixa, porém não era possível abri-la. Assim deveríamos determinar a posição inicial da bolinha.



Na caixa menor o movimento de algo era imperceptível, com isso chegamos a duas hipóteses: a caixa estava vazia ou havia uma esfera circunscrita dentro dela.

Na caixa média o movimento assemelhava-se a um sistema massa/mola, onde a bolinha parecia presa por molas ou elásticos.

A caixa maior apresentava o movimento de uma pequena esfera.

Conclusão

Conforme interagimos com a caixa, “destruímos” o estado inicial do sistema. Na maior caixa, por exemplo, o simples fato de tirá-la da sua posição inicial faz com que a esfera no seu interior sofra uma mudança, consequentemente, interferindo na medida.

Anexo B.3 - Relatório concebido pelo Grupo F3: AF6, AF13, AF15, AF16, AF17, AF19.

Relatório

Introdução:

Compreender as teorias científicas é de suma importância para entender como a ciência evolui.

Dois teorias bastante estudadas é a do indutivismo ingenuo e a do falsacionismo de Popper. Para o indutivismo ingenuo a ciência, ou o conhecimento físico é obtido por meio de experiências ou observações sobre um determinado acontecimento em uma extensa gama de condições, estas observações devem estar livres de pressupostos teóricos. Com os dados levantados por meio de observação é possível por meio da lógica indutivista chegar a uma teoria científica.

Só o falsacionismo acredita que o conhecimento científico não é obtido por meio de observações sem pressupostos teóricos. As observações são permeadas pela teoria, e tanto melhor será a teoria se quanto mais ela for precisa, clara, e tiver elementos falsáveis, podendo ser melhorada ou extinta.

Objetivo:

Descobrir a posição inicial das esferas dentro das caixas, porém sem abri-las.

Material Utilizado:

3 caixas cubicas com "supostas" esferas dentro.

Procedimento:

Primeiramente escolhemos aleatoriamente uma das caixas e a balanceamos a fim de determinar a posicao da esfera. Percebemos que a esfera era pequena e se movia livremente dentro da caixa, o que impossibilitava dizer com precisão a posicao do objeto.

No segunda caixa escolhida aleatoriamente entre as duas que sobramos a chacoalhamos percebemos que tambem se tratava de uma esfera pequena em relacao ao volume da caixa e que a mesma parecia estar presa por molas ou elásticos.

Na terceira caixa (logicamente a que ainda não foi observada), percebemos que mesmo chacoalhando não se detectava nada na caixa. Sendo assim, até pensamos que a caixa estava vazia.

Conclusão

A partir de um experimento que inicialmente pode ser dito como simples, podemos usar os sentidos humanos (mais precisamente a audição e o tato) para tentar descobrir qual a posicao de um objeto (esfera) no interior de 3 caixas de madeira. A partir de várias observações podemos discutir em grupo e chegar em um consenso sobre o objeto dentro da caixa. Essas observações foram feitas com base nas experiências de vida por cada integrante do grupo, pois não podemos abrir as caixas, mas sim sentir e ouvir, e a partir de imaginação e experiências no nosso cotidiano explicar ideias de qual a posicao (ou como se encontra) a esfera no interior da caixa.

Não podemos ter certeza de qual a posicao da esfera na caixa, nem mesmo depois de poder tocar as caixas. A partir do momento em que pegamos as caixas, modificamos a posicao inicial do objeto.

dentro de certo

Podemos, por exemplo, explicar esse modelo através do indutivismo ingenuo, onde o conhecimento pode ser obtido por meio de experiências e observações em uma extensa gama de condições, e a partir da lógica indutivista criar a teoria científica. Um outro exemplo é pelo falsificacionismo, sendo que o conhecimento científico não advém das observações, sendo essas permeadas por teorias. Esses são dois exemplos possíveis onde podemos relacionar o experimento com as teorias estudadas.