

DISCUSSÕES FILOSÓFICAS NO ENSINO DA FÍSICA QUÂNTICA: AVERIGUAÇÃO DE SUA PRESENÇA NA DISCIPLINA DE FÍSICA MODERNA 1 EM UM CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA

Diego Lopes Bezerra ¹
João Eduardo Fernandes Ramos ²

RESUMO

A Quântica é uma área da Física marcada por diversas quebras de paradigmas e que revolucionou a forma de fazer Ciência e enxergar o que é a Natureza e a Realidade. Seus conhecimentos são, muitas vezes, difíceis de serem compreendidos, quer a nível conceitual, pois trata de conceitos que são em sua grande maioria contra intuitivos, quer pela formulação matemática avançada. Várias interpretações buscam explicar os fenômenos estudados na Quântica, além de ser uma área de extrema importância, principalmente no âmbito da tecnologia de ponta. Diante disto, é necessário que o seu ensino não se reduza a uma simples compreensão matemática, pois os fatores filosóficos e conceituais envolvidos são de fundamental importância para um entendimento adequado da Quântica. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi averiguar a presença de discussões filosóficas advindas da Física Quântica ao longo do período 2018.2 da disciplina Física Moderna 1 do curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste. Para isto, foi aplicado um questionário aos alunos, perguntando se durante o curso ocorreram estas discussões filosóficas e, se sim, como aconteceram. O questionário foi aplicado na última aula do semestre, para que os conteúdos de Quântica já tivessem sido ministrados. Foi verificado que, ao longo do período investigado, não houve discussões filosóficas, tornando este trabalho como um incentivo para mudanças, inclusive, na ementa da própria disciplina, mas também um estímulo para os demais cursos de Física ao longo das Universidades que ainda não adotam esta abordagem no ensino da Física Quântica.

Palavras-chave: Física Quântica, Filosofia da Física Quântica, Ensino de Física Quântica.

INTRODUÇÃO

A Quântica é uma área da Física bastante recente, tendo seu início marcado em 1900, com o postulado de Max Planck sobre a radiação do corpo negro, solucionando um problema conhecido como “catástrofe do ultravioleta”. A partir desse evento, muitos conhecimentos a cerca do mundo microscópico foram construídos, proporcionando um avanço significativo no que sabemos sobre a natureza e alavancando os progressos tecnológicos.

Junto com a Relatividade, a Quântica

é a grande estrela do século XX. Base de sustentação da física nuclear, atômica, molecular e do estado sólido, da física das partículas elementares e da luz, seus

¹Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, di18ego_lopes@hotmail.com;

²Professor orientador: Doutor em Ensino de Física, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, joaoeframos@gmail.com.

impactos práticos atingem hoje as mais variadas aplicações, beneficiando até campos de praticidade imediata como as Ciências da Saúde e as Engenharias (GRECA; MOREIRA; HERSCOVITZ, 2001, p. 444).

Apesar de ser uma área instigante e importante, carrega consigo inúmeras dificuldades em compreendê-la adequadamente, quer seja pelo formalismo matemático muito avançado, quer pelos novos conceitos e interpretações que apresenta. Mas, segundo Greca e Freire Júnior (2011), essa dificuldade não é encontrada apenas nos estudantes, mas também nos próprios físicos que tem trabalhado com a quântica. John Bell expressa que quando era estudante teve muitas dificuldades com a Quântica, mas que ao saber que Eistein também teve dificuldades por um bom tempo, se sentiu mais reconfortado (FREIRE JÚNIOR, 2006).

Greca e Freire Júnior, falando sobre a Quântica, destacam que

Além de sua estranheza, parte da dificuldade com seus conceitos, que se distanciam de conceitos culturalmente queridos como a causalidade, o determinismo ou a localidade, é sua apresentação, característica de disciplinas avançadas dos cursos de graduação, basicamente formalista, centradas na aprendizagem de métodos matemáticos de resolução de casos típicos, com pouca ou nenhuma discussão conceitual ou interpretacional (GRECA, FREIRE JÚNIOR, 2011, p. 361).

Diante disto, pesquisas tratando sobre o ensino da Quântica, quer a nível médio ou superior, vem sendo produzidas, tanto buscando compreender como os conhecimentos tem sido aprendidos pelos alunos, mas também buscando melhores formas de ensino (LIMA, RICARDO, 2019; SAITO, 2018; SOUZA, SILVA, TEIXEIRA, 2018).

Greca e Freire Júnior (2011), citando Hadzidaki (2008a, 2008b), defendem que não se deve haver apenas uma preocupação em que os alunos aprendam somente as ideias básicas e os cálculos técnicos da Quântica, mas também contribuir para que os estudantes possam compreender como a ciência se relaciona com toda a cultura, fornecendo o conhecimento necessário para serem participantes da cultura científica, além de dar-lhes a oportunidade de refletirem sobre as implicações filosóficas advindas da Física Moderna, o que passa, claro, pela compreensão conceitual adequada da Quântica.

Diante disto, é de extrema importância que o ensino da Quântica, inclusive a nível superior e na formação de professores, esteja vinculado de forma mais incisiva aos aspectos filosóficos e conceituais próprios dessa área da Física. Assim, o objetivo deste trabalho, que foi parte do Trabalho de Conclusão de Curso do autor, foi averiguar se ao longo do período 2018.2 da disciplina de Física Moderna 1 do curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Acadêmico do Agreste (CAA), foram abordados aspectos filosóficos advindos da Física Quântica e sob quais aspectos a abordagem se deu.

Para tanto, os alunos foram indagados sob a presença desse tipo de abordagem no ensino da Quântica, sem o conhecimento das respostas pelo professor ministrante. Foi verificado que apenas dois alunos, de um total de vinte, responderam positivamente para a presença de aspectos filosóficos ao longo da disciplina, sendo que suas justificativas não ficaram claras de como se deu esse processo.

METODOLOGIA

Esta pesquisa se caracteriza como descritiva, de abordagem qualitativa (GIL, 2008).

Os sujeitos da pesquisa foram estudantes da disciplina Física Moderna 1, do período 2018.2, do curso de Física-Licenciatura do CAA da UFPE, que trata sobre Relatividade e Física Quântica. A escolha dos estudantes se deu exatamente porque a pesquisa tinha interesse em saber se o ensino da Física Quântica estava abordando, também, seus aspectos filosóficos.

Foi feita a seguinte pergunta para os estudantes: “Durante o curso de Física Moderna 1, houve alguma abordagem sobre as consequências filosóficas advindas da Física Quântica? Se sim, de que forma essa abordagem ocorreu e quais os aspectos trabalhados?”. Eles ficaram livres para escrever o que quisessem, e o professor ministrante não tinha acesso às respostas. Esta pergunta foi feita ao final da última aula do semestre 2018.2, quando então já haviam estudado alguns aspectos da Física Quântica, indo do postulado de Planck (1900) até a equação de Schrodinger (1927). Todos os estudantes que aceitaram participar assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo o único critério de exclusão a não assinatura do Termo. Ao todo, vinte estudantes participaram da pesquisa.

DESENVOLVIMENTO

A fim de se destacar a importância de se trabalhar os conceitos e filosofias da Física Quântica, segue um breve resumo de seu desenvolvimento, bem como a motivação que levou muitos dos físicos envolvidos a levantarem discussões filosóficas e epistemológicas.

A Física Quântica é uma das principais e mais surpreendentes áreas da Física. Sobre o seu início, de acordo com Pessoa Júnior:

é bem sabido que a física quântica nasceu com a postulação, feita por Max Planck em dezembro de 1900, de que os "osciladores" de corpos térmicos teriam valores discretos de energia, múltiplos inteiros da grandeza $h\nu$. O caminho trilhado até essa descoberta passou pelos importantes trabalhos teóricos de Kirchhoff, Boltzmann, Wein e Rayleigh, e experimentais de Stefan, Paschen, Lummer e Rubens, entre outros. (PESSOA JÚNIOR, 2005, p. 87)

Imaginava-se que essa quantização proposta por Planck se limitava aos osciladores eletrônicos atômicos, não ocorrendo na energia eletromagnética irradiada. No entanto, Albert Einstein, em 1905, publicou um artigo que explicava o efeito fotoelétrico observado por Philipp Lenard, em 1900, fazendo uso do que Planck havia postulado. Segundo Einstein, a quantização da energia usada por Planck no problema do corpo negro era, na verdade, uma característica universal da luz (TIPLER, LLEWELLYN, 2014). Ao tratar sobre o efeito fotoelétrico, Einstein trouxe à tona mais uma nova concepção, a de que a luz, que já era entendida como uma onda eletromagnética, possuía aspectos de partícula (DIONÍSIO, 2004).

Em 1911, Rutherford e seus colaboradores propuseram o modelo planetário do átomo, mais conhecido como o átomo de Rutherford: no centro, um núcleo dotado de carga elétrica positiva, contendo quase toda a massa atômica; girando em torno dele, os levíssimos elétrons. No entanto, esse modelo não era compatível com os conhecimentos da Física Clássica, pois cargas em movimento emitem radiação, e assim, os elétrons deveriam estar sempre perdendo energia e, com isso, diminuindo o raio de sua trajetória até que colidiriam com o núcleo, tornando o átomo uma estrutura instável. (DIONÍSIO, 2004; TIPLER, LLEWELLYN, 2014).

Foi Niels Bohr que, em 1913, elaborou postulados a fim de sustentar o átomo de Rutherford. Ele adotou, como princípio, que existiam trajetórias em torno do núcleo, onde os elétrons não emitiam radiação ao trafegar, ao que ele chamou de estados estacionários. Os elétrons podem, segundo postulado de Bohr, se mover entre estes estados estacionários, o que ficou conhecido como saltos quânticos. (DIONÍSIO, 2004; BAKER, 2015).

Em 1924, Louis de Broglie propôs o comportamento ondulatório da matéria. Ele se baseou na simetria da natureza para elaborar sua proposta. Se a luz, que comprovadamente era uma onda eletromagnética passou a ser entendida como um feixe de partículas, por que as partículas também não poderiam ser entendidas como ondas? Em 1927, a hipótese de De Broglie foi verificada experimentalmente por meio da observação do fenômeno de difração de elétrons, por Clinton Davisson e Lester Germer, que estavam estudando a reflexão de elétrons e nem sequer conheciam os pensamentos de De Broglie. (TIPLER, LLEWELLYN, 2014).

Essa construção inicial da Física Quântica, que buscou compreender melhor o mundo atômico, tinha bases teóricas e conceituais muito frágeis. Tratava-se, na verdade, de princípios

esparços, enunciados com o fim específico de atender a uma necessidade pontual, como a “hipótese puramente formal” de Planck ou os postulados ad hoc de Bohr (DIONÍSIO, 2004). Os físicos ressentiam-se da falta de postulados autênticos, de princípios gerais sobre os quais pudessem assentar uma verdadeira teoria consistente, eficiente e abrangente.

Houve duas tentativas de buscar essa formalização. Em 1925, Werner Heisenberg elaborou sua Mecânica Quântica, com a ajuda de Max Born e Pascual Jordan, onde procurou fixar a sua atenção unicamente sobre as grandezas que possuem significação experimental precisa. Sua mecânica ficou conhecida como a “Mecânica de Matrizes” ou “Mecânica Matricial”, tendo, por concepção básica, a partícula. (RAMOS, 2004; MENESES, 2008).

As ideias iniciais de De Broglie ajudaram a desenvolver os primeiros elementos de uma Mecânica Ondulatória de partículas (MENESES, 2008). Mas foi Schrödinger que, no início de 1926, trouxe uma formulação completa dessa Mecânica Ondulatória. A equação de Schrödinger contém em si, ao mesmo tempo, os procedimentos necessários à solução de um problema físico e os princípios que os embasam. Sua equação governa a propagação de ondas de matéria, mas em si, não possui nenhum significado físico. Foi Max Born que conferiu a equação um dos significados físico ao adotar a interpretação probabilística da função de onda que é encontrada por meio da equação. (DIONÍSIO, 2004; MENESES, 2008; TIPLER, LLEWELLYN, 2014).

No entanto, a Mecânica Quântica de Schrödinger representa apenas o início de um processo. Outros passos foram necessários até tornar-se uma teoria mais geral e abrangente, passando a merecer a denominação de Física Quântica. Versão relativística da equação de Schrodinger, Teorias Estatísticas Quânticas, Teoria Quântica dos Campos, Eletrodinâmica Quântica são extensões da teoria, apropriadas à descrição de determinadas categorias de fenômenos físicos. A cada passo, a linguagem e os recursos matemáticos tornam-se mais complexos e mais difícil se torna levar ao leigo uma informação fidedigna e consistente. (DIONÍSIO, 2004)

Apesar de apresentar-se mais simples, a Física Quântica de Schrödinger já se mostra extremamente diferente da Física Clássica de Newton. A primeira é probabilística, a segunda é determinista. Na segunda, conhecendo-se as condições atuais de um dado sistema e conhecendo-se as leis que regem o seu comportamento, é possível prever, com precisão, a sua evolução ou reconstruir o seu passado. Já na primeira, apesar de termos dois sistemas físicos idênticos, provavelmente estes não evoluirão da mesma maneira. A segunda está em

concordância com a maneira como percebemos os fatos naturais no nosso cotidiano, mas a primeira descreve uma natureza probabilística. (DIONÍSIO, 2004).

Diante dessas diferenças em explicar a natureza, qual delas estaria correta? A natureza é determinística ou probabilística? Cientistas da Escola de Copenhague aceitaram a visão probabilística com naturalidade. O Princípio da Incerteza de Heisenberg, formulado em 1927, e o Princípio da Correspondência de Bohr, formulado mesmo antes do trabalho de Schrödinger, em 1923, representam tentativas de interpretar o caráter probabilístico da nova teoria como resultado da impossibilidade de conseguirmos informações precisas sobre o mundo microscópico, tal como as obtemos sobre o mundo macroscópico. (DIONÍSIO, 2004)

E é exatamente neste ponto onde surgiram muitas divergências entre os cientistas da época. Aceitar as ideias advindas do desenvolvimento da Física Quântica significava a quebra de paradigmas, e alguns cientistas, entre eles, Einstein e o próprio Schrödinger, relutavam em aceitá-la. As diversas tentativas de interpretações e as consequentes objeções que surgiam, eram resultados da forma como os cientistas entendiam a natureza, de sua visão de mundo, do que eles entendiam como sendo a própria ciência (BAKER, 2015; TIPLER, LLEWELLYN, 2014).

Ao vivenciarem um momento de quebra de certezas, era natural que os cientistas não associassem essa nova forma de enxergar o mundo apenas para os aspectos materiais, puramente físicos. Planck, Heisenberg, Bohr, Born, Einstein, entre outros, passaram a discutir assuntos para além da física, tornando-se, em alguns aspectos, filósofos da ciência, discutindo seus aspectos epistemológicos.

Dentre estes, é inegável a influência das ideias de Bohr e Heisenberg sobre a comunidade dos físicos a partir de fins da década de 1920 no tocante à interpretação da nova teoria quântica. Tendo como marco o Congresso de Solvay em 1927, a disseminação do discurso de Bohr e de seu grupo estendeu-se por toda a década de 1930, chegando até a afirmação de Heisenberg de que o seu ponto de vista e o de Bohr tinha sido plenamente aceito entre a elite dos físicos da Europa. Assim sendo, ambos iniciaram a propagação de suas ideias em outros campos. (LEITE; SIMON, 2010)

Bohr, por exemplo, durante a década de 30, ministrou palestras para os mais variados públicos, relacionando a noção de complementaridade com um sem-número de temas. Em 1933, ele proferiu a palestra “Luz e vida” na abertura do Congresso Internacional sobre Terapias através da Luz. Em 1937, participou do Congresso de Física e Biologia em Bolonha e, um ano depois, discursou no Congresso Internacional de Ciências Antropológicas e

Etnológicas, em Copenhague, discorrendo sobre “Filosofia natural e culturas humanas”. (LEITE; SIMON, 2010)

Heisenberg, por sua vez, seguiu os passos de Bohr e, em 1929, realizou uma série de palestras, para um público mais especializado, pelos Estados Unidos, Japão, China e Índia. As preleções na Universidade de Chicago serviram de base para seu primeiro livro, intitulado “Os princípios físicos da mecânica quântica”, publicado em 1949. Iniciou-se, então, a prolífica carreira de Heisenberg como divulgador das ideias do grupo de Copenhague, dela resultando toda a imensa produção de artigos filosóficos e científicos que marcaram a vida intelectual do físico alemão. (LEITE; SIMON, 2010)

Os outros físicos supracitados também ingressaram nesse mundo da filosofia, escrevendo textos que tratam de temas para além da física “dura”. Livros como: “Autobiografia científica e outros ensaios” de Planck (2012); “Correspondencia (1916-1955)”, que é a compilação de cartas entre Einstein, Born e sua esposa (1999); “Física atômica e conhecimento humano” de Bohr (1999); “A parte e o todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política” de Heisenberg (1996), são exemplos do extenso material produzido por esses cientistas na área da filosofia da ciência, e isso surgiu, também, como uma própria tentativa de se entender melhor a própria Física Quântica, visto que, como defende Greca e Freire Júnior (2011), dificuldades de compreensão de Mecânica Quântica são lendárias, e não somente os estudantes de graduação não compreendem seus princípios básicos, como também destacados físicos que trabalham ou trabalharam com ela. Como na célebre frase atribuída a Richard Feynman: “Se você acha que entendeu a Mecânica Quântica, você não entendeu a Mecânica Quântica”. Discuti-la filosoficamente, faz parte de todo o processo de estudo e compreensão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já explicado na Metodologia, uma pergunta foi feita aos estudantes cursantes da disciplina de Física Moderna 1, ao final do período de 2018.2, sobre a presença ou não de discussões filosóficas, advindas da Física Quântica, ao longo da ministração da disciplina, pedindo para que, caso a resposta fosse positiva, informassem de que forma ocorreu essa abordagem filosófica e quais os aspectos trabalhos.

Apenas dois, dos vinte estudantes, disseram que houve uma abordagem filosófica. Um destes que respondeu positivamente não disse de que forma ocorreu, apenas que a Física

Moderna saía do cotidiano, no que dá a entender que este estudante quis expressar que os fenômenos de que trata a Física Moderna não são observáveis no dia a dia.

Já o segundo disse que: “As abordagens sucintas mas destacadas se deram pelo modo como as coisas eram idealizadas, como se precisou fazer adaptações e como nada é imutável, se tratando dos pensamentos.”

Não fica muito claro o que quis dizer, e também não é relatada nenhuma consequência filosófica em si. Mas, dá-se a entender que pelo menos uma discussão menos tecnicista ocorreu, nem que tenha sido dessa pessoa com o professor, apenas. No entanto, apesar dessas duas respostas positivas, a grande maioria dos estudantes, ou seja, dezoito de vinte, respondeu negativamente, levando a confirmação de que essa discussão filosófica não ocorreu, ainda mais quando se leva em conta as justificativas apresentadas pelos que responderam positivamente.

De acordo com Greca e Freire Júnior (2011), essa é realmente uma característica global dos cursos de Quântica. No entanto, nem sempre foi assim. Estes autores defendem que, até pouco tempo atrás, o maior propósito para os estudantes universitários, que não fossem físicos ou químicos, para estudar Quântica era uma melhor apreciação de sua influência na forma de compreender o mundo, ou seja, a visão que se tinha dos conhecimentos gerados pela Física Quântica eram muito mais abrangentes do que o foco no formalismo matemático e resolução de problemas, contribuindo para um melhor entendimento geral do mundo.

No período posterior à Segunda Guerra, muitos livros didáticos europeus de pós-graduação tinham seções sobre questões de fundamentos e implicações epistemológicas. O predomínio da visão da Quântica atrelada ao formalismo matemático se deu particularmente nos Estados Unidos (GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2011). De acordo com Schweber (1986), o desenvolvimento da Física neste país teria sido marcado pela coexistência, nos mesmos departamentos, de físicos teóricos e experimentais, dando maior ênfase aos experimentos e aplicações, e pela tendência americana ao pragmatismo. Esta postura, basicamente instrumentalista, não exige uma compreensão conceitual profunda sobre como sucedem os fenômenos, senão que privilegia o conhecimento de como aplicar os algoritmos necessários para fazer novos cálculos, o que não é pouco, no caso da Mecânica Quântica, embora não seja suficiente.

Outro fator que contribuiu para essa mudança na abordagem do ensino da Quântica está relacionado com os livros didáticos. De acordo com Kaiser citado por Greca e Freire Júnior:

Com o crescimento do tamanho das turmas, contudo, os aspectos filosóficos da mecânica quântica foram afastados das salas de aula. O objetivo da física era treinar ‘mecânicos quânticos’: os estudantes deveriam ser mais como engenheiros ou mecânicos do domínio atômico, que filósofos. [...] Face ao crescimento nas matrículas, a maioria dos físicos nos Estados Unidos reorganizou o conteúdo da mecânica quântica acentuando aqueles elementos que permitiam o tema ser ensinado tão rápido quanto possível, abandonando silenciosamente, ao mesmo tempo, os últimos vestígios de reflexões conceituais ou interpretativas que tanto tinham ocupado o tempo das aulas antes da guerra. (KAISER, 2007, p. 28-31 apud GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2011, p. 363)

Greca e Freire Júnior ainda destacam outro exemplo a cerca do livro didático como fator desta mudança de abordagem. É o caso de Schiff que, apesar de ter sido aluno de Oppenheimer, professor que apresentava a Mecânica Quântica como uma solução radical a problemas filosóficos e se adentrava em discussões sobre seus mistérios, no seu livro não incluiu nenhum tópico sobre discussões conceituais. Como querer que outros físicos, que não tiveram uma formação como Schiff, apresente uma Quântica mais conceitual e filosófica, se aquele que teve contato direto com essa metodologia parece não ter considerado importante tratar sobre isso em seu livro?

Embora, para alguns, essa forma seja a mais correta, pois argumentam que os físicos podem aproveitar seu conhecimento do formalismo matemático para superar as dificuldades conceituais, Greca e Freire Júnior (2011) comentam que alguns estudos tem demonstrado que embora os estudantes apresentem grande capacidade de resolverem equações de Schrödinger com potenciais complicados, continuam com dificuldades conceituais em aspectos fundamentais.

Como descreve Barton ainda no final do século XX, os livros-texto usuais, tanto os de nível introdutório como os mais avançados,

[...] fornecem esplêndidos métodos para realizar qualquer cálculo sobre átomos ou sobre campos quantizados, mas no que se refere a princípios e interpretação da Mecânica Quântica em si, são, quase sem exceção, simplistas e obscuros ao mesmo tempo [...] (BARTON, 1997, p. 429 apud GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2011, p. 364)

Enfim, seguindo uma tendência global, a disciplina de Física Moderna 1 do CAA da UFPE apresenta as mesmas características de enfatizar o formalismo matemático,

desconsiderando os aspectos filosóficos envolvidos. Além de não refletir o posicionamento dos próprios cientistas que desenvolveram a Física Quântica que, como já visto, adentraram no universo das discussões filosóficas e epistemológicas, acaba tornando o conhecimento mais limitado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as informações apresentadas acima, fica claro e evidente a falta de uma discussão filosófica sobre aspectos da Física Quântica ao longo da disciplina de Física Moderna 1 no curso de Física-Licenciatura na UFPE/CAA. No entanto, é importante aqui destacar que não se pode responsabilizar o professor que ministrou a disciplina durante o período em que foi realizada a pesquisa, visto que esse padrão, muito provavelmente, foi o que ele teve acesso durante a sua graduação, e também ao que outros professores estão mais acostumados, por terem vivenciado essa metodologia ao longo de muitos anos, quer como alunos ou como professores.

Inclusive, nos próprios objetivos da disciplina, os aspectos filosóficos não são levados em consideração. Os objetivos, contidos na Ementa da disciplina são: Ensinar os fundamentos da Teoria da Relatividade Especial e da Física Quântica; Discutir a relação entre Física e Matemática e entre Física e Tecnologia; Discutir a própria evolução da Física, trazendo à tona elementos históricos. Aqui, apenas o caráter histórico é levado em consideração. Apesar de ser algo importante e relevante, muitas vezes pode estar presente, ser comentado até como se deu a “evolução” dos conhecimentos, mas ainda assim sem uma discussão filosófica adequada.

Sendo assim, fica como proposta, um repensar da ementa da disciplina, permitindo introduzir os aspectos filosóficos consequentes, gerando mais abertura para dialogar Filosofia da Ciência dentro de uma disciplina que depende tanto dessa discussão para uma melhor compreensão. É óbvio que essa reformulação deve permear todas as outras disciplinas, não ficando a discussão sobre a epistemologia da Ciência confinada a uma disciplina como a de Noções em Filosofia e História da Ciência, que no CAA é, ainda por cima, eletiva.

Como esse trabalho consistiu em parte do Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) do autor principal, apresentado no início de 2019, essa proposta já foi lançada e houve uma modificação na disciplina de Mecânica Quântica, ministrada no período de 2019.1, tanto em nível de graduação, onde é eletiva, como de pós-graduação.

Além desta proposta, fica também um incentivo para os demais cursos espalhados pelas centenas de universidades brasileiras para buscarem discutir as implicações filosóficas e epistemológicas, quer da Física Quântica, ou de qualquer área da Ciência, de forma mais aprofundada e com igual respeito dado às formulações matemáticas. Precisa-se estudar Ciência, mas também sobre Ciência.

REFERÊNCIAS

BAKER, J. **50 ideias de física quântica que você precisa conhecer**. São Paulo: Planeta, 2015.

BOHR, N. **Física atômica e o conhecimento humano**. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, 1999.

DIONÍSIO, P. H. **Física quântica: de sua pré-história à discussão sobre o conteúdo essencial**. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2004.

EINSTEIN, A.; BORN, M.; BORN, H. **Correspondencia (1916-1955)**. 2. ed. Madri: Siglo Veintiuno de España editores, 1999.

FREIRE JÚNIOR, O. Philosophy enters the optics laboratory: Bell's theorem and its first experimental tests (1965–1982). **Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, Amsterdam, v. 37, n. 4, p. 577-616, dez. 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. Ênfase conceitual e interpretações no ensino da Mecânica Quântica. In: FREIRE JÚNIOR, O.; PESSOA JÚNIOR, O.; BROMBERG, J. L. (org.) **Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB/Livraria da Física, 2011. p. 359-376.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, V. E. Uma proposta para o Ensino de Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 444-457, out./dez. 2001.

HEISENBERG, W. **A parte e o todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

LEITE, A.; SIMON, S. Werner Heisenberg e a Interpretação de Copenhague: a filosofia platônica e a consolidação da teoria quântica. **Scientiæ studia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 213-241, jun. 2010.

LIMA, L. G.; RICARDO, E. C. O Ensino da Mecânica Quântica no nível médio por meio da abstração científica presente na interface Física-Literatura. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 36, n. 1, p. 8-54, abr. 2019.

MENESES, R. D. B. A Probabilidade segundo Max Born: da Mecânica Quântica à Filosofia. **Eikasia - Revista de Filosofia**, Oviedo, ano III, n. 19, p. 200-224, jul. 2008.

PESSOA JÚNIOR, O. O início da física quântica e seus caminhos possíveis. *In*: PIETROCOLA, M.; FREIRE JÚNIOR, O. **Filosofia, Ciência e história**: uma homenagem aos 40 anos de colaboração de Michel Paty com o Brasil. São Paulo: Discurso Editorial, 2005. p. 227-254.

PLANCK, M. **Autobiografia científica e outros ensaios**. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, 2012.

RAMOS, T. Introdução à mecânica dos quanta Parte IV. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 71-74, jan./mar. 2004.

SAITO, M. T. **A gênese e o desenvolvimento da relação entre Física Quântica e misticismo e suas contribuições para o Ensino de Ciências**. 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SCHWEBER, S. S. The empiricist temper regnant: theoretical physics in the United States 1920-1950. Part 1. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, Berkeley, v. 17, n. 1, p. 55-98, jan./jun. 1986.

SOUZA, R. S.; SILVA, I. L.; TEIXEIRA, E. S. Conceitos de física quântica na formação de professores: construindo uma proposta didática orientada pela história e filosofia da ciência. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 16., 2018, Campina Grande. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de História da Ciência-Universidade Federal de Campina Grande, 2018. Disponível em: [https://www.16snhct.sbhc.org.br/resources/anais/8/1535570281_ARQUIVO_snhctfinal\(sd\).pdf](https://www.16snhct.sbhc.org.br/resources/anais/8/1535570281_ARQUIVO_snhctfinal(sd).pdf). Acesso em: 30 jun. 2019.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.