

A mecânica quântica nos currículos de licenciatura em física do sudeste do Brasil

Quantum mechanics in the curriculum of graduation courses in Physics in southeastern Brazil

Eric Delarco Bertoni^{1*}, Leandro Londero¹

¹Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rua Cristóvão Colombo 2265- Jardim Nazareth – CEP 15054-000 – São José do Rio Preto, SP. Brasil.

*E-mail: ericdelarco.b@gmail.com

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

Resumo

Analisamos como a Física Quântica é inserida nos currículos dos cursos de licenciatura em Física da região sudeste do Brasil. Para tanto, mapeamos as instituições e cursos que ofertam o ensino da Mecânica Quântica, por meio da plataforma E-mec. Ainda, coletamos os Projetos Políticos Pedagógicos dos cursos, bem como as grades curriculares e ementas de disciplinas, mediante acesso aos sites das instituições. Mapeamos as disciplinas cujos conteúdos se relacionam com a Mecânica Quântica. Encontramos 88 cursos de Física licenciatura no sudeste do país e identificamos 100 disciplinas. Como resultados, destacamos que 78% dos cursos apresentam a disciplina nos documentos analisados. Poucas são as disciplinas que abordam a transposição do conteúdo para o Ensino Básico. Consideramos indispensável a reorganização das disciplinas dispostas nos cursos, para que o ensino de Mecânica Quântica proporcione reflexões conceituais e pedagógicas sobre o seu ensino. Reafirmamos a necessidade de articulação entre os conteúdos científicos da Mecânica Quântica e os pedagógicos para o seu ensino, para que essa teoria seja implementada de maneira eficiente na educação superior e, a posteriori, na Educação Básica por intermédio dos professores recém-formados.

Palavras chave: Mecânica Quântica; Currículo; Sudeste do Brasil; Disciplinas.

Abstract

We analyze how Quantum Physics is inserted in the curriculum of graduation courses in Physics in the southeastern region of Brazil. Therefore, we mapped the institutions and courses that offer the teaching of Quantum Mechanics, through the E-mec platform. In addition, we collected the Pedagogical Political Projects of the courses, as well as the curricular grids and course description, through access to the institutions' websites. We mapped the disciplines whose contents are related to Quantum Mechanics. We found 88 Physics graduation courses in the Southeast of the country and identified 100 disciplines. As a result, we highlight that 78% of the courses present the discipline in the analyzed documents. Few are the disciplines that deal with the transposition of the content for Basic Education. We consider it essential to reorganize the disciplines provided in the courses, so that the teaching of Quantum Mechanics provides conceptual and pedagogical reflections on its teaching. We reaffirm the need for articulation between the scientific content of Quantum Mechanics and the pedagogical ones for its teaching, so that theory can be implemented efficiently in higher education and, later, in Basic Education through newly graduated teachers.

Keywords: Quantum Mechanics; Curriculum; Southeastern Brazil; Disciplines.

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, nos últimos cinco anos, ocorreram mudanças significativas no contexto educacional, por meio da publicação de um conjunto de novas diretrizes educacionais.

Em 22 de dezembro de 2017, o Conselho Pleno do Conselho Nacional de Educação (CP/CNE) publicou a Resolução nº 2 que instituiu e orientou a implantação da *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC), que deve ser respeitada nas diferentes etapas e modalidades da Educação Básica, por exemplo na Educação Infantil, no Ensino Fundamental, no Ensino Médio e na Educação de Jovens e Adultos.

Esse documento, de caráter normativo, definiu o conjunto de aprendizagens essenciais para as crianças, jovens e adultos da Educação Básica brasileira. De acordo com o Art. 2º, da Resolução nº 2/2017, “as aprendizagens essenciais são definidas como conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e a capacidade de os mobilizar, articular e integrar, expressando-se em competências”.

Por sua vez, o Art. 3º define competência “como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores, para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho”.

A Resolução nº 2/2017 explicita um conjunto de dez competências gerais, a serem desenvolvidas pelos alunos. Já no primeiro parágrafo Art. 5º é mencionado que:

A BNCC deve fundamentar a concepção, formulação, implementação, avaliação e revisão dos currículos, e conseqüentemente das propostas pedagógicas das instituições escolares, contribuindo, desse modo, para a articulação e coordenação de políticas e ações educacionais desenvolvidas em âmbito federal, estadual, distrital e municipal, especialmente em relação à formação de professores, à avaliação da aprendizagem, à definição de recursos didáticos e aos critérios definidores de infraestrutura adequada para o pleno desenvolvimento da oferta de educação de qualidade. (Brasil, 2017, p. 5, grifo nosso)

Embora a resolução explicita em seu título que ela se refere as diferentes etapas e modalidades da Educação Básica, ela não contempla o Ensino Médio. Com isso, em 17 de dezembro de 2018, o CP/CNE publicou a Resolução nº 4 que instituiu a *Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio* (BNCC-EM).

No que diz respeito ao Ensino Médio, a BNCC-EM especifica que a formação geral básica será organizada, de maneira semelhante ao Ensino Fundamental, por áreas do conhecimento, entre as quais estão: a) Linguagens e suas tecnologias; b) Matemática e suas tecnologias; c) Ciências humanas e sociais aplicadas e; d) Ciências da natureza e suas tecnologias.

Mais recentemente, em 20 de dezembro de 2019, o Ministério da Educação do governo federal brasileiro promulgou a Resolução nº 2 que definiu as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior de Professores para a Educação Básica* e instituiu a *Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica* (BNC-Formação).

Essa resolução teve como referência as duas resoluções descritas anteriormente. A Resolução nº 2/2019 explicita, em seu Art. 2º que:

A formação docente pressupõe o desenvolvimento, pelo licenciando, das competências gerais previstas na BNCC-Educação Básica, bem como das aprendizagens essenciais a serem garantidas aos estudantes, quanto aos aspectos intelectual, físico, cultural, social e emocional de sua formação, tendo como perspectiva o desenvolvimento pleno das pessoas, visando à Educação Integra. (Brasil, 2019, p. 2)

Ainda, são especificadas as dez competências gerais docentes e as competências específicas e habilidades correspondentes a elas que são exigidas dos licenciandos. As competências gerais são:

1. Compreender e utilizar os conhecimentos historicamente construídos para poder ensinar a realidade com engajamento na aprendizagem do estudante e na sua própria aprendizagem colaborando para a construção de uma sociedade livre, justa, democrática e inclusiva;
2. Pesquisar, investigar, refletir, realizar a análise crítica, usar a criatividade e buscar soluções tecnológicas para selecionar, organizar e planejar práticas pedagógicas desafiadoras, coerentes e significativas;
3. Valorizar e incentivar as diversas manifestações artísticas e culturais, tanto locais quanto mundiais, e a participação em práticas diversificadas da produção artístico-cultural para que o estudante possa ampliar seu repertório cultural;
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal, corporal, visual, sonora e digital – para se expressar e fazer com que o estudante amplie seu modelo de expressão ao partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos, produzindo sentidos que levem ao entendimento mútuo;
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas docentes, como recurso pedagógico e como ferramenta de formação, para comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e potencializar as aprendizagens;
6. Valorizar a formação permanente para o exercício profissional, buscar atualização na sua área e afins,

apropriar-se de novos conhecimentos e experiências que lhe possibilitem aperfeiçoamento profissional e eficácia e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania, ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade; 7. Desenvolver argumentos com base em fatos, dados e informações científicas para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socio-ambiental, o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta; 8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana, reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas, desenvolver o autoconhecimento e o autocuidado nos estudantes; 9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza, para promover ambiente colaborativo nos locais de aprendizagem; 10. Agir e incentivar, pessoal e coletivamente, com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência, a abertura a diferentes opiniões e concepções pedagógicas, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários, para que o ambiente de aprendizagem possa refletir esses valores. (Brasil, 2019, p. 13)

As competências específicas são pontuadas de acordo com uma das três dimensões da ação docente, as quais são sistematizadas na tabela I.

TABELA I. Dimensões da ação docente e respectivas competências específicas. Fonte: elaborado pelos autores.

Número da competência	Dimensões da ação docente		
	Conhecimento profissional	Prática profissional	Engajamento profissional
I	Dominar os objetos de conhecimento e saber como ensiná-los	Planejar as ações de ensino que resultem em efetivas aprendizagens	Comprometer-se com o próprio desenvolvimento profissional
II	Demonstrar conhecimento sobre os estudantes e como eles aprendem	Criar e saber gerir os ambientes de aprendizagem	Comprometer-se com a aprendizagem dos estudantes e colocar em prática o princípio de que todos são capazes de aprender
III	Reconhecer os contextos de vida dos estudantes	Avaliar o desenvolvimento do educando, a aprendizagem e o ensino	Participar do Projeto Pedagógico da escola e da construção de valores democráticos
IV	Conhecer a estrutura e a governança dos sistemas educacionais	Conduzir as práticas pedagógicas dos objetos do conhecimento, as competências e as habilidades	Engajar-se, profissionalmente, com as famílias e com a comunidade, visando melhorar o ambiente escolar

Por sua vez, o Art. 5º esclarece que a formação dos professores e dos profissionais da Educação é alicerçada em três princípios: I - a sólida formação básica, com conhecimento dos fundamentos científicos e sociais de suas competências de trabalho; II - a associação entre as teorias e as práticas pedagógicas e; III - o aproveitamento da formação e das experiências anteriores, desenvolvidas em instituições de ensino, em outras atividades docentes ou na área da Educação (Brasil, 2019, p. 3).

Já no Art. 10º são apresentadas as cargas horárias que compõem os cursos de formação de professores, os quais devem ter, no mínimo, 3.200 (três mil e duzentas) horas, distribuídas em três grupos, como consta na tabela II.

TABELA II. Grupos de cargas horárias que compõem os cursos de formação de professores. Fonte: elaborado pelos autores.

Grupo	Carga horária (h)	Finalidade
I	800	Desenvolvimento dos conhecimentos científicos, educacionais e pedagógicos, os quais fundamentam a educação e suas articulações com os sistemas, as escolas e as práticas educacionais
II	1.600	Aprendizagem dos conteúdos específicos das áreas, componentes, unidades temáticas e objetos de conhecimento da BNCC, e para o domínio pedagógico desses conteúdos
III	800	Realização da prática pedagógica, assim distribuída: a) 400 (quatrocentas) horas para o estágio supervisionado, em situação real de trabalho em escola, segundo o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) da instituição formadora; e b) 400 (quatrocentas) horas para a prática dos componentes curriculares dos Grupos I e II, distribuídas ao longo do curso, desde o seu início, segundo o PPC da instituição formadora

Em 27 de outubro de 2020, o CNE publicou a Resolução nº 1 que dispõe sobre as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica* e instituiu a *Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica* (BNC-Formação Continuada).

Com a publicação deste conjunto de resoluções, as instituições que ofertam cursos de formação de professores tiveram que alterar suas estruturas curriculares.

Para os cursos de formação de professores de física, a comunidade de pesquisa em ensino de física defende que eles incluam disciplinas que abordem os fundamentos da física desenvolvida no século XX e das descobertas mais recentes. Essa defesa é justificada em virtude da necessidade de inclusão, na Educação Básica, de conteúdos de física elaborados nos últimos 120 anos, entre os quais se incluem a Mecânica Quântica. Argumentamos que a formação deficitária de professores, em relação aos conteúdos mais modernos da física, impossibilitará a abordagem, o estudo, a discussão e o aproveitamento deles pelos professores e pelos alunos das escolas.

Pensamos que a presença da Mecânica Quântica nos cursos de formação de professores permite a construção de diversas competências e habilidades citadas na Resolução nº 2/2019.

Perante isso, no estudo objetivou analisar como os conteúdos pertencentes à Física Quântica são inseridos nos cursos de licenciatura em física da região Sudeste do Brasil. A pesquisa se justifica devido as mudanças ocorridas nas legislações que regem a formação de professores no Brasil, explicitadas anteriormente.

Procuramos responder a seguinte questão de pesquisa: *De que maneira a Física Quântica é inserida no currículo dos cursos de Física licenciatura da região Sudeste do Brasil, em termos de tempo didático, momento de oferta e de conteúdos privilegiados?*

Buscamos responder as seguintes perguntas balizadoras:

- a) Quais cursos de formação de professores de física contemplam o ensino da Mecânica Quântica?
- b) Quais disciplinas curriculares contemplam o ensino de conteúdos pertencentes ao domínio da Mecânica Quântica e em qual semestre elas são ofertadas?
- c) Qual é a carga horária destinada ao ensino dos conteúdos quânticos?
- d) Quais conteúdos são privilegiados nas ementas que inserem essa teoria?

Para respondermos essas perguntas, realizamos algumas ações descritas na sequência.

II. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Analisamos os cursos de física licenciatura do Sudeste brasileiro devido à importância desta região no que tange ao quantitativo de professores formados anualmente. Além disso, o Sudeste é a maior região geoeconômica entre as demais do Brasil. Essa região conta com aproximadamente 45% da população total da nação, é também, a região mais desenvolvida da mesma, sendo responsável por, aproximadamente, 56,5% do Produto Interno Bruto do país. Tal região abrange também cerca de 56% da produção científica nacional.

Para o desenvolvimento do estudo, utilizamos os mesmos procedimentos adotados em outra investigação que conduzimos e relatada em estudo publicado (Mendes, Nossa e Londero, 2019). Para investigações em que analisamos a inserção de disciplinas, que contemplem conteúdos de física do século XX, nos currículos dos cursos de física licenciatura, utilizamos os mesmos procedimentos que passamos a relatar a seguir.

Como primeira ação, identificamos as instituições de ensino superior que ofertam o curso de física licenciatura. A identificação é realizada por meio do e-MEC (<http://emec.mec.gov.br>), base oficial de dados de informações relativas às Instituições de Educação Superior (IES) e cursos de graduação do Sistema Federal de Ensino.

De acordo com o Ministério da Educação, o e-MEC, em vigor desde 2007, é um sistema eletrônico de acompanhamento dos processos que regulam a educação superior no Brasil, como por exemplo, os pedidos de credenciamento e reconhecimentos de instituições de ensino superior, reconhecimento de cursos, autorização e renovação, além de outros processos (Mendes, Nossa e Londero, 2019). Ademais, o e-MEC possibilita a busca por nomes e siglas ou por filtros, como por exemplo, instituição acadêmica (instituto, faculdade, universidade, centro universitário), categoria administrativa (federal, estadual, municipal), instância (pública/privada) e modalidade (bacharelado/licenciatura).

Inicialmente, utilizamos o termo “Física” e filtramos os resultados por meio de recursos disponíveis no site, com a finalidade de delimitarmos os cursos de licenciatura por estado federativo pertencentes ao Sudeste, são eles: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo.

Obtivemos os dados encontrados e construímos tabelas, nas quais constam o nome das instituições de ensino superior identificadas, o estado federativo a qual pertencem, o ano de início do curso, a instância administrativa a qual pertencem (federal, estadual ou municipal), o turno de oferta, a duração do curso e a modalidade de oferta (presencial ou à distância).

De posse destes dados, acessamos os sítios eletrônicos de cada instituição mapeada para coletarmos um conjunto de documentos: Projeto Político Curricular, grades curriculares e emendas de disciplinas. Após, realizamos a leitura integral de cada documento coletado.

Em seguida, mapeamos as disciplinas que possuem/contemplam conteúdos comumente estudados e que dizem respeito à Mecânica Quântica. Para as análises, criamos também tabelas nas quais constam o nome da disciplina mapeadas, tipo de crédito (obrigatório ou optativo), semestre de ofertada, carga horária e os conteúdos abordados. Ainda, plotamos gráficos com o propósito de analisarmos cada um destes itens. Buscamos, por meio da análise das ementas, identificar os assuntos comuns entre as diferentes disciplinas e os conteúdos que são privilegiados.

Ao final, analisamos os dados registrados com base em categorias construídas, que serão apresentadas na discussão dos resultados. Concluímos nossa investigação com a sistematização das respostas obtidas e apontamentos de implicações para os cursos de Física Licenciatura.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificamos 52 instituições que ofertam cursos de física licenciatura no Sudeste do Brasil, 13 (25%) do estado de São Paulo (SP), 12 (23%) do Rio de Janeiro (RJ), 24 (46%) de Minas Gerais (MG) e 03 (6%) do Espírito Santo (ES), e um total de 88 cursos, 32 (36%) de SP, 16 (18%) do RJ, 35 (40%) de MG e 05 (6%) do ES.

Os índices obtidos indicam que o estado de SP é responsável pelo maior quantitativo de instituições e cursos que ofertam a formação em física licenciatura, seguido pelo estado de MG, RJ e ES, respectivamente.

Do total de cursos mapeados, 74 (84%) são presenciais e 14 (16%) são na modalidade à Distância. Do conjunto dos presenciais, 44 (50%) são ofertados no período noturno, 10 (11,4%) em período integral, 4 (4,5%) em período diurno e, 7 (8%) com a opção noturno e diurno. Não conseguimos identificar o período de oferta de 9 (10,2%) cursos. Na tabela III sistematizamos detalhes do quantitativo de cursos por categoria de análise e por instância de administração.

TABELA III. Quantitativo de cursos por categorias de análise e por instância de administração. Fonte: elaborado pelos autores.

Categorias	Instância						Totais			
	Pública			Privada			Absoluto	%		
	Federal	Estadual	Municipal	Absoluto	%					
Modalidade	Presencial	45	90	15	94	02	12	63	74	84
	EaD	05	10	01	6	01	07	37	14	16
	Diurno	03	6	00	00	00	01	05	04	5
	Integral	06	12	02	13	00	00	00	08	9
Turno	Noturno	29	58	09	56	02	04	21	44	50
	Diurno e Noturno	05	10	04	25	00	00	00	09	10
	Não informado	02	4	00	00	00	07	37	09	10
Totais		50	56,8	16	18,2	3	19	21,6	88	

Os índices presentes na tabela 3 mostram que as instituições federais são responsáveis pela maior parte da oferta de cursos, seguida pelas privadas e pelas estaduais. Além disso, há uma predominância de cursos noturnos para aqueles presenciais, em todas as esferas administrativas, e para cursos ofertados na modalidade à distância.

Do quantitativo de cursos mapeados, obtivemos acesso a 52 Projetos Políticos Pedagógicos, 79 grades curriculares e 50 ementas de disciplinas.

A leitura dos documentos catalogados permitiu a identificação de 100 disciplinas que tratam ou contemplam assuntos pertencentes à Mecânica Quântica, sendo que elas estão distribuídas em 69 (78,4%) cursos, ou seja, 19 (21,6%) cursos não contemplam o estudo da Teoria Quântica.

As disciplinas mais frequentes nos cursos são nomeadas: Física Moderna I, Física Moderna II, Física Quântica I, Mecânica Quântica I, Introdução à Mecânica Quântica, Introdução à Física Quântica, com cerca de 30%, 17%, 11%, 9%, 4% e 4%, respectivamente, o que equivale a 75% do total. As demais disciplinas, apesar de constituírem um montante de aproximadamente 25%, possuem diferentes titulações, em porcentagens inferiores a 4%.

Em relação aos períodos de oferta, encontramos que a maioria das disciplinas são ofertadas a partir do quinto período/semestre, sendo 10% delas no 5º período, 15% no 6º, 23% no 7º e, 18% no 8º. Apenas uma disciplina encontra-se alocada no 3º período e uma outra no 4º, as quais equivalem a 2% do total.

Destacamos que 17% das disciplinas mapeadas são classificadas como optativas. Não encontramos informação sobre o período/semestre de oferta de 14% das disciplinas. Ainda, identificamos informações duvidosas em 2% das disciplinas, como por exemplo a oferta na 14^o etapa.

No que se refere às cargas horárias disponibilizadas para o ensino desta teoria, identificamos que 30% das disciplinas possuem uma carga de 60 horas. Por outro lado, encontramos que 7% das disciplinas disponibilizam uma carga de 72 horas e 9% uma carga de 90 horas. Concluímos que as disciplinas que possuem carga horária igual ou superior a 60 horas representam 68% do total de disciplinas mapeadas. Contudo, 27% das disciplinas não apresentaram qualquer tipo de informação sobre a carga horária.

Por último, analisamos o conteúdo presente nas ementas das disciplinas disponibilizadas pelas instituições mapeadas. Pontuamos na tabela IV os conteúdos prioritários presentes nas disciplinas mais frequentes nos cursos analisados, juntamente com a porcentagem em que aparecem em cada uma delas.

TABELA IV. Conteúdos prioritários presentes nas disciplinas mais frequentes nos cursos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Disciplinas	Conteúdo	%
Física Moderna I	Quantização da carga	56,5
	Propriedades dos átomos	60,9
	Radiação de corpo negro	82,6
	Hipótese de Planck	65,2
	Efeito Compton	60,9
	Efeito fotoelétrico	60,9
	Dualidade onda-partícula	73,9
Física Moderna II	Propriedades dos átomos	78,6
	Propriedades das moléculas	64,3
	Equação de Schrödinger	57,1
Física Quântica I/ Mecânica Quântica I	Átomo de Hidrogênio	50
	Spin	75
	Equação de Schrödinger	100
	Momento angular	100
Introdução à Mecânica Quântica/ Introdução à Física Quântica	Radiação de corpo negro	75
	Dualidade onda-partícula	100
	Equação de Schrödinger	100

Em relação aos objetivos das disciplinas, destacamos alguns exemplos, a título de exemplificação.

O Princípio da Complementaridade. Função de onda e Equação de Schroedinger. Operadores momento e energia e o Princípio da Incerteza. A partícula livre. O oscilador harmônico. Separação da equação de Schroedinger em coordenadas cartesianas. O operador momento angular. O átomo de hidrogênio. (Mecânica Quântica – UFJF – 60 horas – obrigatória)

Caráter dual da radiação eletromagnética. O modelo atômico de Rutherford e o problema da estabilidade do átomo na física clássica. O modelo de Bohr. II. O caráter dual da matéria: partícula-onda. Partículas e ondas. A hipótese de de Broglie. A experiência de Davisson e Germer. A mecânica ondulatória de Schroedinger. Pacotes de ondas. O princípio da incerteza. Interpretação probabilística de Bohr. A equação de Schroedinger dependente do tempo em uma dimensão. Soluções em ondas planas e princípio da superposição. Problemas unidimensionais estacionários: estados ligados e espalhamento. Valores esperados. A equação de Schroedinger em três dimensões. Partícula na caixa cúbica. Degenerescência. O átomo de hidrogênio. A tabela periódica. (UNIVESP (EAD) - Física Quântica – 80 horas – obrigatória)

Reconhecer e analisar qualitativamente os conceitos e quantidades fundamentais à estrutura eletrônica e nuclear da matéria. Avaliar criticamente como conceitos de Física Moderna estudados são abordados em materiais didáticos impressos e online para o ensino fundamental e médio. (Física Moderna II – UNESP (SJRP) – 60 horas - Obrigatória)

No primeiro caso, evidenciamos que a descrição desta disciplina, disposta na ementa do curso, retrata apenas conteúdos científicos. Ao analisar os conteúdos apresentados e compará-los com os exibidos na tabela IV, notamos que o único tópico que não se faz presente é “spin”. Entretanto, por estar intimamente ligado ao conceito “momento angular”, pensamos que esteja presente implicitamente nos conteúdos versados.

No segundo exemplo, apontamos, novamente, que esta disciplina é caracterizada apenas por conteúdos científicos, não estando presentes os conteúdos pedagógicos que se fazem indispensáveis para a inserção dos tópicos da Física do século XX e contemporânea no Ensino Básico. Além disso, ressaltamos que os tópicos “spin” e “momento angular” não são contemplados na caracterização desta ementa.

Já no terceiro exemplo, vemos que a disciplina insere, nos objetivos, a avaliação de materiais didáticos de física, os quais pensamos que possam ser apostilas, livros didáticos, paradidáticos e textos de divulgação científica, entre outros. Esse item parece ter sido incluído para atender as atuais diretrizes para a formação de professores, as quais exigem 400 (quatrocentas) horas para a prática dos componentes curriculares de conhecimentos. Neste caso, os conhecimentos são os científicos que se articulam com as práticas educacionais. No entanto, olhando os assuntos a serem abordados na disciplina, evidenciamos a prevalência de conteúdos científicos (Equação de Schrödinger – Exemplos, Teoria Quântica do átomo de hidrogênio, Momentos de Dipolo Magnético, Spin do Elétron e Taxas de Transição, Átomos multieletrônicos, estados fundamentais e excitações ópticas, Estatística Quântica, Moléculas, Estrutura Eletrônica dos Sólidos, O Núcleo Atômico, Decaimentos Nucleares e Reações Nucleares). Apenas o tópico “Física Moderna na Educação Básica” inserido na ementa diz respeito a um conteúdo pedagógico.

Nossa experiência como professores de física e como pesquisadores da área de Ensino de Física mostrou que há uma dificuldade de se introduzir a discussão de alguns elementos da Mecânica Quântica no Ensino Médio. Embora encontremos, na literatura da área, algumas experiências bem-sucedidas, de implementação de sequências de ensino, a maioria dos professores, com os quais temos contato, afirmam que não inserem discussões deste tópico em aulas de física. Entre os argumentos estão: a) falta de tempo/carga horária; b) não é cobrada em exames seletivos de ingresso nas universidades; c) não possui formação adequada para ensinar esse assunto.

Uma dificuldade de inserção de elementos da Teoria Quântica no Ensino Básico pode se dar, também, devido à falta de discussões sobre os processos de transposição deste tópico para o contexto escolar. Constatamos que poucas são aquelas disciplinas que abordam discussões de cunho pedagógico acerca do ensino da Teoria Quântica, seja para o nível médio ou superior. Ainda, ressaltamos a diminuta participação de disciplinas específicas dedicadas a discussões sobre o ensino ou aprendizagem de tópicos da física do século XX ou das mais recentes descobertas da física. Identificamos apenas uma disciplina dedicada exclusivamente a essa função, intitulada “Física Moderna para professores do Ensino Médio, ofertada pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Defendemos o ensino da Teoria Quântica a partir de uma abordagem histórica, tal como proposto do Pessoa Junior (1996) ou Souza, Silva e Teixeira (2020), como exemplos.

IV. CONCLUSÕES

Em nosso estudo, partimos do pressuposto da dificuldade de inclusão de conteúdos da física do século XX na Educação Básica, mesmo ela sendo contemplada nas diretrizes educacionais do Brasil. Pensamos que essa inclusão é possível se, entre outros aspectos, os professores sentirem-se confiantes em discutir tais assuntos com os alunos.

Para que isso ocorra, é necessário que o ensino destes conteúdos e sua transposição para contextos escolares seja abordado na formação inicial e/ou continuada de professores. Perante isso, como parte de um estudo mais amplo, nosso objetivo foi de analisar como a Mecânica Quântica é inserida no currículo dos cursos de Física Licenciatura da região Sudeste do Brasil, em termos de tempo didático, momento de oferta e de conteúdos privilegiados?

As ações realizadas permitiram atingir nosso objetivo. Por meio deles, identificamos 88 cursos, os quais 44 deles são ofertados no período noturno. Encontramos, ainda, 100 disciplinas que abordam a Mecânica Quântica, em partes ou em sua totalidade, sendo 69 obrigatórias e 17 optativas.

Como explicitado anteriormente, a maioria das disciplinas são ofertadas a partir do 5º período, em virtude do rigor matemático necessário para desenvolvê-las em sala de aula, uma vez que a abordagem prioritária no nível superior é a formalista. 68% das disciplinas possuem carga horária igual ou maior que 60 horas, o que demonstra uma preocupação, por parte dos elaboradores dos currículos, no que diz respeito a quantidade de aulas necessárias para o ensino da teoria.

Dentre as ementas analisadas, grande parte das disciplinas que abordam a Mecânica Quântica são as nomeadas Física Moderna I, Física Moderna II, Física Quântica e Mecânica Quântica. Ressaltamos a importância de disciplinas dedicadas exclusivamente ao ensino da Quântica e de sua transposição para o contexto escolar, visto que, as disciplinas que compõem a maior parte do montante analisado são as denominadas “Física Moderna” e, essas, são destinadas a abordar, também, outros conteúdos, como por exemplo, “Relatividade Geral e Restrita”.

Podemos afirmar que, a Mecânica Quântica está inserida na maioria (78%) dos cursos de Licenciatura em Física do sudeste do Brasil, embora sejam poucos aqueles que disponibilizam disciplinas exclusivas para o ensino dela. Ademais, notamos que são poucas as disciplinas que abordam aspectos metodológicos acerca do ensino desta teoria, proporcionando falta de conexão entre os conteúdos pedagógicos com os de cunho físico-conceitual.

Concordamos com Euler, Hanselmann, Müller e Zollmann (1999) quando afirmam os estudantes dificilmente aprofundam seus conhecimentos sobre tópicos de Mecânica Quântica depois de terminar o curso de graduação. Perante isso, é indispensável a reorganização das disciplinas dispostas nos cursos, para que o ensino de Mecânica Quântica proporcione reflexões conceituais e pedagógicas sobre o seu ensino. Por outro lado, uma possibilidade é a inserção destas discussões em disciplinas do núcleo-pedagógico. Porém, essa análise foge do escopo inicial do nosso trabalho.

Por fim, reafirmamos a necessidade de articular e entender os conteúdos científicos e pedagógicos para que eles sejam implementados de maneira eficiente na educação superior – e, a posteriori, na Educação Básica por intermédio dos professores recém-formados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor (Proc. nº. 2020/03573-5)

REFERÊNCIAS

Brasil. Base Nacional Comum Curricular (2017). Brasília: MEC. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf. Acesso em: 22 de dezembro de 2017.

Brasil. (2017). Resolução CNE/CP Nº 2, de 22 de dezembro de 2017 - Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular, a ser respeitada obrigatoriamente ao longo das etapas e respectivas modalidades no âmbito da Educação Básica, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Seção 1, p. 41-44, 22 de dezembro de 2017.

Brasil. (2018). Resolução Nº 4, de 17 de dezembro de 2018 - Institui a Base Nacional Comum Curricular na Etapa do Ensino Médio (BNCC-EM), como etapa final da Educação Básica, nos termos do artigo 35 da LDB, completando o conjunto constituído pela BNCC da Educação Infantil e do Ensino Fundamental, com base na Resolução CNE/CP nº 2/2017, fundamentada no Parecer CNE/CP nº 15/2017, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, seção 1, p. 120-122, 18 de dezembro de 2018.

Brasil. (2019). Resolução CNE/CP 02 de 20 de dezembro de 2019 – Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação), Diário Oficial da República Federativa do Brasil, seção 1, n. 247, p. 116-119, 23 de dezembro de 2019.

Brasil. (2020). Resolução CNE/CP Nº 1, de 27 de outubro de 2020 - Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC-Formação Continuada), Diário Oficial da República Federativa do Brasil, seção 1, n. 208, p. 103-106, 29 de outubro de 2020.

Euler, M., Hanselmann, M, Muller, A, Zollman (1999). D. Student's views of models and concepts in modern physics. Paper presented at the *Annual Meeting National Association For Research In Science Teaching*. Disponível na internet em <www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst>.

Mendes, L. G., Nossa, I. M., Londero, L. (2019). Análise da Inserção das Radiações Ionizantes no Currículo dos Cursos de Formação de Professores de Física do Estado de São Paulo/Brasil. *Revista Enseñanza de la Física*, 31, 517-524.

Pessoa, O. Jr. (1996). Quando a Abordagem Histórica Deve Ser Usada no Ensino de Ciências? *Ciência e Ensino*, 1, 4-6.

Souza, R. S., Silva, I. L., Teixeira, E. S. (2020). Contextualização Histórica: Um Estudo Piloto no Ensino de Mecânica Quântica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(2), 22-46.