

Física Moderna no Ensino Médio: Uma proposta para implementação do tópico dualidade onda-partícula

Modern Physics in High School: A proposal for implementation of the wave-particle duality topic

Natália Pimenta¹, Maria Inês Ribas Rodrigues²

Universidade Federal do ABC¹, Universidade Federal do ABC²
nataliapimenta91@gmail.com¹, mariainesribas@gmail.com²

Resumo

Muito se têm discutido e pesquisado sobre a importância da inserção dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Apesar dos resultados de diversas pesquisas apontarem para a relevância do ensino desses conceitos no Ensino Médio, a literatura sobre sua implementação ainda é incipiente perante outros temas da Física. Desta forma, essa proposta, recorte de uma pesquisa mais ampla, procurou implementar o tópico dualidade onda-partícula no Ensino Médio utilizando-se do recurso das representações pictóricas, com o objetivo de entender as representações conceituais que os estudantes constroem acerca da dualidade onda-partícula. Analisando-se o perfil conceitual evidenciado durante a sequência didática, os resultados apontam para uma aprendizagem significativa do tema, mas também sugerem que se reforcem as pesquisas sobre concepções alternativas em Física Moderna e Contemporânea e ainda que contextos colaborativos Universidade-Escola propiciem a implementação deste tema.

Palavras chave: Ensino de Física, Ensino Médio, Física Moderna, Dualidade Onda-Partícula, Representações Pictóricas.

Abstract

Much has been discussed and researched about the importance of inclusion of content for Modern and Contemporary Physics in High School. Although the results of several studies point to the importance of teaching these concepts in high school, the literature on implementation is still in its infancy before other topics of physics. Thus, this proposal,

clipping a broader research, sought to implement the wave-particle duality topic in high school is using the resource of pictorial representations in order to understand the conceptual representations that students build on the wave-duality particle. Analyzing the conceptual profile evidenced during the instructional sequence, the results point to a significant learning of the topic, but also suggest that the enhancement of the research on alternative conceptions in Modern and Contemporary Physics and even collaborative university-school contexts provide the implementation of this theme.

Key words: Physics Education, Secondary Education, Modern Physics, Wave-Particle Duality, Pictorial.

Introdução

Apesar do conhecimento acerca dos resultados de diversas pesquisas sobre a relevância do ensino dos conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) pouco se tem divulgado em relação às propostas da sua implementação, assim como dos impactos na formação científica dos estudantes deste nível da escola básica [1], [2]. Em contraposição às inúmeras justificativas para a atualização curricular, haveria ainda poucos testes “práticos” com turmas de EM [3].

A importância da inserção de temas de FMC no EM para a formação e para aprendizagem significativa dos estudantes é amplamente discutida na literatura [4], [5]. Um dos temas de grande relevância para Física Moderna (FM) é a dualidade onda-partícula, onde não só os fenômenos e suas evidências experimentais são objetos de estudo, mas também as interpretações filosóficas que lhe são atribuídas. A luz comporta-se como onda ou como partícula? Ou ela se comporta em determinadas situações como partícula e em outras como onda? Essas são algumas questões, e não as únicas, inerentes ao estudo da natureza das radiações eletromagnéticas. As respostas não são de maneira alguma intuitivas, principalmente para estudantes que estão familiarizados com uma lógica aristotélica, respaldada na exclusão [6].

Neste estudo, recorte de uma ampla pesquisa acerca da inserção dos conteúdos de FMC no EM, os estudantes, já familiarizados com outros temas da FM tais como as radiações eletromagnéticas, a radiação do corpo negro e o efeito fotoelétrico, foram divididos em grupos e discutiram a questão da natureza da luz, sendo que um grupo deveria defender a natureza ondulatória e outro, a natureza corpuscular da luz. Logo após esse debate, introduziu-se o tema dualidade onda-partícula através de aulas expositivas-dialogadas com forte viés histórico. Por fim, foi realizada uma atividade em que os estudantes, desta vez individualmente, deveriam produzir uma representação da natureza da luz através de

desenhos. Desta maneira procurou-se compreender o perfil conceitual que se deu para a construção de representações conceituais da natureza das radiações eletromagnéticas.

As Representações Pictóricas em Física Moderna

Utilizam-se na Ciência, diversas formas de linguagem. Certos conhecimentos da Física necessitam de amplo desenvolvimento matemático para auxiliar na compreensão de demonstrações, de forma a possibilitar um entendimento dos significados que fazem parte da construção daquele conhecimento. Todavia, no EM há ocasiões em que esses conhecimentos matemáticos ainda não compõem o repertório do aluno e esta não é uma razão para deixar de trabalhar com conceitos de maior complexidade e abstração, tais como os conteúdos de FM.

É importante lembrar que o estudante recebe diariamente grande número de informações através de outras vias que não a escola, como as diversas formas de mídia, nas quais existe um grande apelo ao visual. Assim, faz-se necessário que a escola utilize imagens, principalmente, quando não há ferramental matemático que possibilite as devidas abstrações [7]. A representação pictórica pode até mesmo ser um primeiro contato do estudante de EM com temas como Física Quântica [8].

Pode-se apontar inclusive, vantagens que atividades de representação, com desenhos, pinturas, colagens possuem sobre o laboratório tradicional: elas não requerem a simples manipulação repetitiva e não reflexiva de objetos concretos, mas a manipulação de ideias e de representações, com o propósito comunicativo de percepções [9].

Metodologia

Este trabalho é um recorte de uma pesquisa-ação que buscou compreender os impactos do ensino de FMC para a formação científica dos estudantes do EM. O enfoque de análise é qualitativo, uma vez que se procurou interpretar os depoimentos e analisar as produções elaboradas no contexto escolar, sendo ainda especialmente apropriado para detalhar informações sobre a implementação e identificar nuances do entendimento subjetivo dos vários participantes deste ambiente [10], [11].

A pesquisa foi realizada numa escola estadual localizada no município de Santo André, que está inserida em um contexto de colaboração com uma Universidade da mesma região. Ao longo do último bimestre do ano letivo 107 estudantes do terceiro ano do EM de três turmas distintas participaram deste trabalho de pesquisa. As produções elaboradas por eles durante a sequência didática, sobre a dualidade onda-partícula, foram desenvolvidas em diferentes momentos.

Inicialmente os estudantes de cada turma foram divididos em dois grandes grupos para discutir entre si, com base nos conceitos trabalhados nas aulas expositivas e experimentais sobre a Radiação do Corpo Negro e sobre o Efeito Fotoelétrico, qual seria a natureza da luz: ondulatória ou corpuscular. Esta discussão deveria fomentar a defesa perante o outro grupo de uma dessas características. Para tal, os estudantes de cada grupo elaboraram cartazes contendo seus argumentos e também uma representação pictórica da luz construída conjuntamente. Esta parte da sequência didática está apoiada na teoria de Vygotsky, para quem os sistemas de representação da realidade são socialmente construídos. Desta forma, o confronto de ideias possibilita a construção do conhecimento de forma partilhada [12].

Na aula posterior foi trabalhado o conceito de dualidade onda-partícula, sob a perspectiva da Interpretação de Copenhagen de maneira expositiva-dialogada, com forte viés histórico. A abordagem contemplou, ainda uma pequena revisão sobre Difração e Interferência, para que se pudesse apresentar os experimentos de Davisson e Germer [13] e assim se obtivesse um maior entendimento da relação de de Broglie [14].

Finalmente, foi solicitado aos estudantes que produzissem individualmente uma representação pictórica da luz, com o objetivo de elucidar o perfil conceitual [15] sobre a natureza da luz desenvolvido por eles durante a sequência didática.

Para as análises, além das produções dos alunos também foram utilizadas anotações de campo feitas durante as aulas. Na análise dos cartazes foram considerados os argumentos utilizados e as representações construídas. Já para a análise das produções individuais, foram criadas categorias nas quais eram considerados os tipos de representações.

A avaliação da aprendizagem se deu através da observação das discussões nos grupos e nos debates, registradas no caderno de campo e na análise das produções, contempladas neste artigo.

Análise

Representações produzidas nos grupos

A seguir, são apresentados os trabalhos dos grupos, cuja posição era a de defender, perante os colegas, o caráter ondulatório da luz.

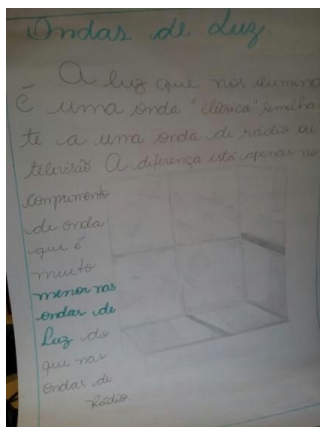


Figura 1: Atividade grupo 1

O grupo 1 utilizou argumentos já conhecidos das aulas sobre radiações eletromagnéticas, estabelecendo comparações com as ondas de rádio e enfatizando a diferença entre seus comprimentos de onda. É possível verificar, em seu texto, que o grupo assumiu que as ondas eram de natureza elétrica e também propôs que o funcionamento da televisão é semelhante ao do rádio.



Figura 2: Atividade grupo 2

No grupo 2 foi enfatizado o fenômeno de geração de campo magnético a partir de uma corrente elétrica. Este fenômeno foi associado por eles à formação das ondas eletromagnéticas.

Ambos os grupos 1 e 2 fizeram uso de imagens que representam simbolicamente a luz no cotidiano: uma janela, por onde a luz do sol adentra os cômodos de uma casa e uma lâmpada comum.

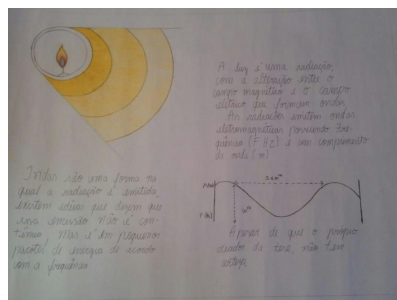


Figura 3: Atividade grupo 3

Por sua vez, o grupo 3 além de utilizar o desenho de uma fonte de luz do cotidiano (vela), também fez uso de uma representação gráfica já conhecida das aulas anteriores.

O grupo apresentou também uma concepção de que as radiações são emissoras de ondas eletromagnéticas. Este foi o único grupo a ressaltar aspectos históricos do desenvolvimento da Mecânica Quântica, utilizando como argumento que nem mesmo Planck acreditava em sua teoria.

Desta forma, houve uma primeira compreensão das concepções destes alunos acerca das ondas eletromagnéticas. Foi possível verificar ainda que, neste momento da sequência, diversas concepções sobre a natureza da luz estão convivendo dentro do espaço escolar que não somente aquelas previstas no currículo formal. Da mesma maneira o foi para os grupos de estudantes que tinham como tarefa argumentar a favor da natureza corpuscular da luz:

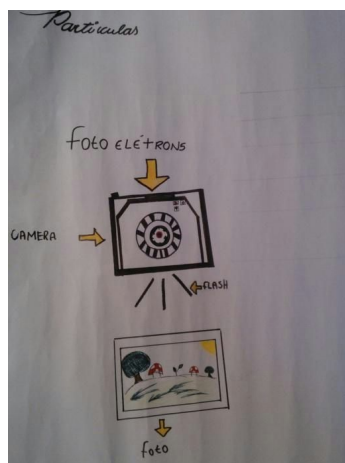


Figura 4: Atividade grupo 4

O grupo 4 associou os fotoelétrons ao processo de formação da imagem em uma câmera fotográfica. Nas discussões entre os estudantes do grupo, que foram observadas durante a atividade, tornou-se claro que, para eles, um fotoelétron tinha a mesma natureza de um pixel. Foram articuladas concepções construídas em aulas anteriores, que pertenciam à sequência sobre o efeito fotoelétrico, assim como, concepções conhecidas de seu cotidiano, tais como a formação de imagens nas câmeras fotográficas que utilizam no cotidiano.

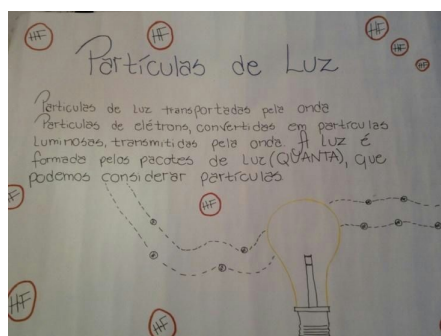


Figura 5: Atividade grupo 5

Na atividade do grupo 5 muitos conceitos e concepções estão convivendo e sendo articulados para elaboração do argumento. Este foi o único grupo onde a lógica aristotélica da exclusão foi timidamente questionada, como se pode ver em suas representações pictóricas.

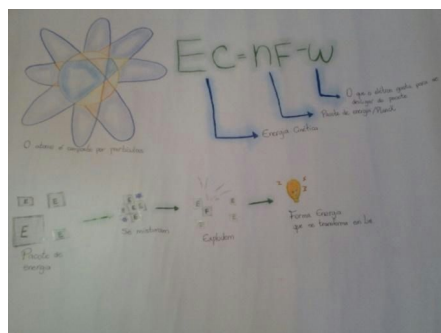


Figura 6: Atividade grupo 6

O grupo 6, utilizou como argumento a equação de Einstein para o efeito fotoelétrico. Formularam também uma hipótese *ad hoc* ao constatarem que o átomo é composto por partículas, e apropriando-se ainda da conhecida representação do modelo planetário do átomo. Uma concepção diferenciada deste para os demais grupos foi a transformação dos “pacotes de energia” em luz através de uma “explosão”.

Atividades que envolvam confronto de ideias entre os estudantes são uma possibilidade para a compreensão das diversas concepções com as quais estão convivendo dentro e fora do espaço escolar. No caso da dualidade onda-partícula este confronto é ainda uma estratégia para problematizar a lógica aristotélica de exclusão que não se aplica no caso deste fenômeno quântico.

Representações produzidas individualmente

As produções individuais, por serem numerosas, foram categorizadas de acordo com três concepções evidenciadas em seus conteúdos. A primeira delas, aqui chamada de *onda-partícula*, refere-se às produções que em suas representações sugerem que para aqueles estudantes o caráter ondulatório e o caráter corpuscular podem ser observados conjuntamente (em um mesmo experimento, por exemplo).

Já a segunda concepção categorizada, chamada de *onda e partícula*, engloba as produções onde a representação sugere que ora observamos a luz em sua natureza corpuscular, ora em sua natureza ondulatória, dependendo do experimento em questão. Outra categoria fora denominada *onda* e a ela foram atribuídas representações que sugeriam somente um comportamento ondulatório. A tabela a seguir indica o número de trabalhos que foram categorizados em cada uma das concepções:

Categoria	Número de trabalhos
onda-partícula	47
onda e partícula	23
onda	37

Tabela 1: Número de trabalhos por categoria de análise

Ressaltamos abaixo um exemplo de cada categoria de análise:

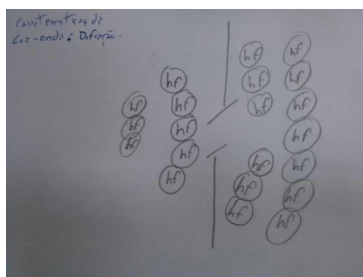


Figura 7: Concepção *onda-partícula* (*quanta* de luz em uma rede de difração)

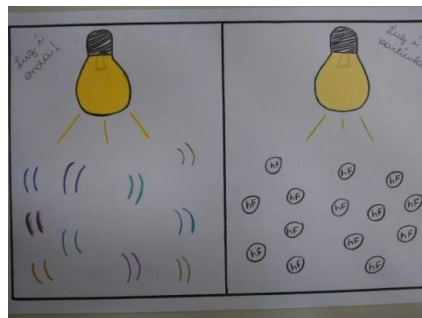


Figura 8: Concepção *onda e partícula*

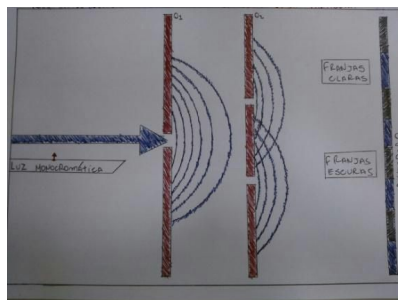


Figura 9: Concepção *onda* (rede de difração e padrões de interferência)

Vale ressaltar que estas produções foram realizadas depois da aula expositiva-dialogada sobre a dualidade onda-partícula e auxiliam na compreensão das construções conceituais desenvolvidas ao longo da sequência didática. Nota-se que ao longo das aulas as concepções cotidianas, assim como as científicas foram assumindo seus respectivos espaços quando solicitada uma articulação para explicação da natureza da luz. Acredita-se assim que a sequência propiciou uma aprendizagem significativa do tema.

Considerações Finais

As análises sugeriram que a sequência didática incluindo aulas abertas ao diálogo, com atividades que envolvam confronto de concepções e discussões em pequenos grupos, assim como entre os grupos, que no geral, incentivem a produção autoral de representações conceituais (neste trabalho, pictóricas), propiciou uma aprendizagem significativa. Este resultado fora evidenciado pela análise do perfil conceitual desenvolvido pelos alunos, apesar da grande abstração que envolve a compreensão do tema, e do não conhecimento de certos desenvolvimentos matemáticos inerente ao estágio de ensino-aprendizagem no qual estão inseridos os estudantes do EM.

Este resultado sugeriu ainda que outros conceitos de grande relevância para o estudo da Mecânica Quântica podem ser discutidos com os estudantes do EM, por exemplo, as interpretações filosóficas distintas que são dadas aos fenômenos em questão e discussões tais como sobre a natureza da Ciência e do trabalho científico.

O ensino de FMC ainda enfrenta grandes dificuldades, por exemplo, a formação inicial dos professores, os currículos escolares e a falta de recursos. Porém, em iniciativas onde existe trabalho colaborativo Universidade-Escola é possível superar estes obstáculos e implementar o tema de fato.

Referências

- [1] 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, 2000.
- [2] SOBRINHO, José A. de Carvalho. A prática pedagógica em física e a formação continuada. *Atas do VIISNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, 2005.
- [3] SILVA, André Coelho da; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Física Quântica no Ensino Médio: O que Dizem as Pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Campinas, v. 28, n. 3, p.624-652, 2011.
- [4] OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, Seção Pesquisa em Ensino de Física, 2007.
- [5] MOREIRA, M. A. A física dos quarks e a epistemologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007.
- [6] SOUZA, Paulo Fernando Lima et al. Pensamento transdisciplinar: uma abordagem para compreensão do princípio da dualidade da luz. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Recife, n. , p.1-10, 2010.
- [7] PAIVA, Josias Rogerio. **Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos São Paulo 2010**. 2010. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- [8] PESSOA JR., O. A representação pictórica de entidades quânticas da Química. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 7, 2007.
- [9] BORGES, A. Tarciso. O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA FÍSICA: NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. , p.291-313, 2002.
- [10] LÜDKE, M ; ANDRÉ, M.E.D.A. **A pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas, Temas Básicos de Educação e Ensino**. Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1986.

- [11] ERICKSON, F. Qualitative methods for Science Education, **International Handbook of Science Education**, Frase et al.(eds) v.2, p.1115-1173, 1998.
- [12] OLIVEIRA, Marta Kohl de. Vygotsky e o processo de formação de conceitos. In: **Piaget, Vygotsky, Wallon - Teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus, 1992.
- [13] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (Santa Maria). Grupo de Ensino de Física. **Física Moderna: Experimento de Davisson e Germer**. 2010. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/gef/Cadernos/FisiMod.pdf>>. Último acesso em: 21 nov. 2014.
- [14] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (Santa Maria). Grupo de Ensino de Física. **Física Moderna: Relações de de Broglie**. 2010. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/gef/Cadernos/FisiMod.pdf>>. Último acesso em: 21 nov. 2014.
- [15] MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências: An international journal on research in science teaching**, [S. I.], v. 1, n. 1, p.20-39, mar. 1996. Anual.