

A IMPORTÂNCIA DA ABORDAGEM CONCEITUAL NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: EXPERÊNCIA EM UM CURSO INTRODUTÓRIO DE FÍSICA QUÂNTICA

The importance of the conceptual approach in the teach of Modern and Contemporary physics in High School: An experience with an introductory class about quantum physics

João Ricardo Neves da Silva - jricardo.fisica@gmail.com; **Polônia Altoé Fusinato** - altoepoly@gmail.com; **Alex Lino** - alexlino00@hotmail.com

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Av. Colombo nº 5790, bloco F67, sala 07, Maringá, Paraná, CEP 87020-900

RESUMO

Neste trabalho, são apresentados os resultados de uma pesquisa envolvendo alunos de Ensino Médio, que participaram de um curso de Física Quântica introdutória. O estudo objetivou uma análise acerca da abordagem mais adequada para a introdução de assuntos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Durante a preparação e ministração das aulas, foram utilizadas duas abordagens: uma conceitual, que leva em conta os aspectos históricos e experimentais das principais teorias físicas desenvolvidas na primeira década do século XX; e outra que aborda um caráter matemático simples dos fenômenos estudados. A partir daí, foi possível fazer uma comparação entre a compreensão dos alunos em ambas as abordagens. Lançando mão da aplicação de testes teóricos e do método da análise textual discursiva para análise das respostas dos alunos, pôde-se concluir que a abordagem conceitual adotada é a que apresenta melhores resultados de aprendizagem quando são tratados assuntos de Física Moderna no Ensino Médio.

PALAVRAS-CHAVE: Física Quântica, Ensino de Física, Ensino Médio, Estratégia de Ensino.

ABSTRACT

This paper presents the results of a research of high school students, which was conducted during an introductory course of quantum physics. It aimed at an analysis on the most appropriate approach for the introduction of topics about Modern and Contemporary Physics in high school. During the preparation and implementation of classes, we used two approaches: the conceptual one, that takes into account the historical and experimental aspects of the main physical theories developed in the first decade of the twentieth century and the one that emphasizes a simple mathematical nature of the phenomena being studied. It was made a comparison between the expressions of understanding of students in both approaches, by means of a questionnaire. Reporting to the use of questionnaires and the theoretical analysis method for textual discourse analysis of students' answers, it was concluded that the conceptual approach produces better learning outcomes when topics of the Modern Physics are treated in high school.

KEYWORDS: Quantum Physics, Physics Teach, High School, Strategies of education

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa realizada, em duas escolas da região de Presidente Prudente – São Paulo -, sobre o nível de compreensão de alunos da 3ª série do Ensino Médio (EM) com relação às teorias da Física Moderna e Contemporânea (FMC) quando esses alunos são submetidos a duas abordagens diferentes de assuntos relacionados à Física Quântica (FQ) introdutória.

Neste relato, chamamos de FMC todas as teorias da Física desenvolvidas desde o ano de 1900, que compreende principalmente a Física Quântica, as teorias da Relatividade especial e geral e assuntos referentes à Cosmologia moderna, tais como buracos negros e origem do universo.

Sobre a importância da inserção dos conteúdos de FMC no currículo do EM, encontram-se argumentos como o apresentado abaixo:

O ensino de FM para alunos secundaristas se reveste de grande importância, uma vez que a introdução de conceitos atuais de física pode contribuir para dar uma imagem mais correta dessa ciência e da própria natureza do trabalho científico. Este trabalho deve superar a visão linear, puramente cumulativa do trabalho científico (*GIL et. al.* 1993, apud OSTERMMAN, 1999, p. 18).

Existe um consenso, entre os pesquisadores em Ensino de Física, sobre a necessidade de que assuntos de FMC sejam introduzidos no EM, e a sua proposta tem sido ressaltada pelo atual currículo do Estado de São Paulo (São Paulo, 2008). Portanto, há uma vertente de pesquisas que pretende investigar quais aspectos da FMC são possíveis de serem ensinados no EM e que abordagem deve ser priorizada.

Acreditamos que um ensino conceitual de FMC baseado na apresentação dos fenômenos, na solução de problemas conceituais, nos experimentos realizados e nas consequentes soluções desses problemas é a mais indicada para o processo de aprendizagem no EM, uma vez que os aspectos matemáticos relativos à maioria dos fenômenos desse tópico da Física são de difícil compreensão (TERRAZZAN, 1994).

Entretanto, há alguns casos em que a matemática do EM pode ser utilizada sem muitas complicações para chegar a resultados quânticos, tal como o caso da quantização das órbitas atômicas, proposta por Niels Bohr em 1913.

Dessa maneira, propomos uma atividade que foi desenvolvida com alunos para testar a melhor estratégia para promover a compreensão inicial dos fenômenos

estudados pela FQ e avaliar de que maneira esses assuntos podem ser melhor compreendidos pelos alunos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A necessidade de inserção de conteúdos de FM no EM é tema de pesquisas há pelo menos 15 anos, e as justificativas são muitas, dentre elas, a utilização dos conceitos da Física do século XX nas aplicações tecnológicas. Segundo Paulo (1997, p.3)

A todo o momento somos usuários de um conforto que só se tornou realidade a partir da aplicabilidade prática de conceitos estruturadores a partir da Física Moderna: lâmpadas fluorescentes, telefonia celular, fornos microondas, computadores [...]

Alguns pesquisadores tais como Ostermann e Moreira (2000) destacam o fato de que a Física Moderna e Contemporânea é objeto de estudos recentes e que os conceitos vistos atualmente na escola média estão defasados em pelo menos quatro séculos. Por isso, como afirmam Lobato e Greca (2005, p.119)

(...) é necessário que se estude como introduzir, no Ensino Secundário, os conceitos, leis e teorias da Física do século XX, em particular a Teoria Quântica, que tem condicionado, fortemente, a investigação científica e tecnológica moderna e que, no século passado, revolucionou o pensamento humano.

Ainda hoje as pesquisas publicadas com relação ao ensino de temas da FMC poucas se comparadas, evidentemente, a outras áreas de estudo da Física como Mecânica e Eletromagnetismo. Possibilitar ao aluno o conhecimento de FMC é ponto de convergência das pesquisas. O problema é trazer o tema para a sala de aula diante de tantas dificuldades encontradas, principalmente a falta de conhecimento sobre FMC por parte dos professores de Ensino Médio.

METODOLOGIA

Para que a pesquisa pudesse ser desenvolvida, foi realizado por um professor de Física um curso com seis aulas de FMC duas escolas distintas: uma da rede pública do estado de São Paulo e uma da rede particular. Ao todo, participaram desse curso 21 alunos. Não foram feitas distinções com relação às escolas, uma vez que os aspectos tratados independem desse parâmetro.

Nessas aulas, que funcionaram como um curso de FMC extra-classe para esses alunos, foi possível abordar os aspectos mais relevantes do desenvolvimento da chamada velha Física Quântica, ou seja, explorar assuntos tais como quantização da energia e das orbitas atômicas, além do efeito fotoelétrico e de efeito Compton, de modo que os alunos puderam ter um panorama sobre as características corpusculares da luz. Durante esse curso, foram trabalhados os aspectos conceituais, por meio da visualização e demonstração de experimentos e gráficos. Essa ação fundamenta-se no fato de que, na época em que surgiu a Física Quântica, os cientistas teóricos apresentavam ideias conflitantes. Um exemplo dessa situação é que os alunos puderam construir o gráfico da chamada *catástrofe ultravioleta*, que foi a principal experiência feita no fim do século XIX e que, por mostrar que a termodinâmica até então conhecida não conduzia aos resultados observados experimentalmente, foi responsável pelas proposições que deram origem à Física Quântica. Posteriormente a essa abordagem conceitual, para compreensão das experiências, era explicada a teoria, seguida de sua formalização matemática, levando em conta aquelas em que se poderia aplicar uma formalização matemática ao alcance dos alunos.

Em seguida, com o uso de testes teóricos, foram analisadas as respostas dos alunos para que se pudesse identificar a complexidade das respostas quando os alunos utilizam argumentos matemáticos e quando dão uma resposta conceitual.

As aulas de FQ foram elaboradas pelo pesquisador e desenvolvidas, nas escolas, por um professor que participa de um grupo de Formação Continuada de Professores (FCP) em Física Moderna, da FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente. Foram ministradas seis aulas nas quais foram abordados os assuntos mostrados no Quadro 1.

No final de cada conteúdo, foi aplicado um teste para que os alunos respondessem de acordo com os conteúdos oferecidos em sala de aula. Estes testes continham perguntas de cunho teórico e pôde-se, então, identificar se as respostas continham mais detalhes teóricos – matemáticos ou conceituais – e também, a forma como essas respostas eram dadas. Foram analisadas as respostas de 120 alunos. O quadro 2 apresenta um exemplo de um dos testes aplicados.

Assunto	Nº de aulas
Radiação de corpo negro e quantização da energia.	2
Efeito fotoelétrico	1
O modelo atômico de Rutherford-Bohr	2
Dualidade onda-partícula	1

Quadro 1: Conteúdos abordados e número de aulas ministradas.

Teste 1

- 1.) Qual foi o problema que deu origem à teoria da radiação de corpo negro? Porque as teorias clássicas não explicavam o problema?
- 2.) Porque existe uma frequência mínima abaixo da qual não acontece efeito fotoelétrico?
- 3.) Explique as experiências que levam à conclusão de que a luz possui um comportamento dual?
- 4.) Explique o processo de emissão de luz por um átomo.

Quadro 2: Modelo de teste aplicado aos alunos

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As respostas dos alunos, após analisadas, foram categorizadas segundo características que apresentavam em comum. Essa prática advém de um método de análise de textos escritos conhecido como Análise Textual Discursiva (MORAES E GALIAZZI, 2007).

A análise textual discursiva corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de promover novas compreensões sobre os fenômenos e discursos. Insere-se entre os extremos da análise de conteúdo tradicional e a análise de discurso, representando um movimento interpretativo de caráter hermenêutico. (2007: p.7).

Nesse método, os textos são desconstruídos em Unidades de Significado (US) que representam as unidades de sentido de frases selecionadas no texto (neste caso, as respostas dos alunos). Em seguida, as US semelhantes são agrupadas em categorias e é feita uma análise destas em busca de encontrar os significados mais presentes em cada discurso. Com isso, obtivemos três (3) categorias principais de respostas, apresentadas a seguir:

CA: Respostas que apresentam um panorama histórico, mas que não explicam completamente o fenômeno.

CB. Respostas que apresentam detalhes teóricos importantes e explicam a sua importância para o desenvolvimento da teoria.

CC. Resposta que apresentam as equações mostradas em aula na explicação

A tabela abaixo mostra quantas respostas se enquadram em cada categoria.

Categoria	Nº de questionário	% de respostas
CA	22	18,7
CB	74	61,3
CC	24	20

Tabela 1: Categorias encontradas e número de respostas por categoria.

As análises dos conteúdos dos questionários mostram que as respostas mais completas, ou seja, aquelas que explicavam o fenômeno com o maior número de detalhes, são as que se enquadram na categoria CB. Isso provavelmente se deve ao fato de a abordagem conceitual, baseada na explicação dos experimentos construídos na época e em análise de dados por meio de gráficos, possibilita uma melhor visualização do problema, fazendo com que os alunos possam detalhar mais o fenômeno em palavras.

As respostas presentes na categoria CC, por mais que apresentassem as equações que descrevem os fenômenos, não mostravam as explicações das variáveis dessas equações, tornando, assim a resposta uma simples apresentação de fórmulas.

Chama a atenção, principalmente, o grande número de respostas corretas teoricamente, ou seja, que explicam os fenômenos de uma maneira muito detalhada,

mesmo sem utilizar equações matemáticas. Isso permite dizer que os alunos de EM foram capazes de compreender os fenômenos pertencentes à FQ introdutória.

Em se tratando da inserção dos conteúdos de FMC no EM, defende-se fundamentalmente a necessidade de compreensão dos fenômenos físicos descobertos e estudados desde os primeiros anos do século XX e de se levar em conta, não somente os formalismos matemáticos das teorias, mas também seus aspectos conceituais e de compreensão dos fenômenos. Essa prática já é realizada com todas as frentes da Física (Mecânica Clássica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Ondulatória e Óptica), nas quais se valoriza a interpretação dos fenômenos e as equações mais simples, deixando as complexidades matemáticas mais avançadas (que também estão presentes nessas frentes) para os cursos superiores.

Dessa maneira, a abordagem conceitual se mostrou uma melhor forma de os alunos entenderem os conceitos de FMC no EM, uma vez que a literatura que defende a inserção de FMC no EM apresenta uma série de justificativas que valorizam a aprendizagem dos conceitos decorrentes da quantização da energia como forma de entendimento atualizado das teorias físicas (OSTERMANN, 1999). Com esses resultados, conclui-se que a aula de FMC é produtiva para os alunos desde que utilizada uma abordagem conceitual dos fenômenos.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que a abordagem conceitual de assuntos de FQ no EM é a mais recomendada, uma vez que as respostas dadas pelos alunos aos questionários se enquadraram numa categoria que contém elementos considerados importantes, ou seja, apresentam uma relação das experiências que deram origem à Física Quântica, ressaltando seus problemas e as proposições de mudanças teóricas que solucionaram esses problemas. Esses elementos que mostram a compreensão das teorias trabalhadas foram alcançados principalmente pelos argumentos conceituais lançados aos alunos ou construídos juntamente com eles ao longo do estudo dos experimentos primordiais da Física Quântica. A essa abordagem, atribuiu-se a maior concentração de respostas corretas na categoria CB, que apresenta as respostas conceituais quando feita a avaliação do entendimento dos alunos sobre o tema.

Dessa maneira, podemos inferir que o ensino de FMC no EM pode ser realizado, desde que adotada uma abordagem teórico-conceitual, valorizando-se os aspectos históricos e experimentais, recorrendo-se aos aspectos formais matemáticos mais simples apenas como complementação dos estudos ou comparação de intensidades, não os descartando completamente do estudo.

Podemos concluir também, com este trabalho, que os estudantes são capazes de assimilar os conceitos de FQ de uma maneira bastante satisfatória e que explicá-los “em palavras” pode fazer com que sejam explicitados todos os conhecimentos dos alunos sobre os fenômenos em estudo.

REFERÊNCIAS

LOBATO, T.; GRECA, I. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p.119-132, 2005.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007. 224p.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação do professor de física**. 1999, 175 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Revista Investigação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v. 05, n. 01, mar. 2000. Disponível em <[HTTP://www.if.ufrgs.br/public/ensino](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino)> Acesso em 18/08/2009.

PAULO, I.J.C. **Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de Física Moderna no Ensino de Nível Médio**, 1997, 91 f. dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Educação – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Cuiabá, Mato Grosso do Sul.

PEREIRA, A.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. O ensino de Física Quântica na perspectiva sociocultural: uma análise de um debate entre futuros professores mediado por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Enseñanza de las ciencias**, v. 8, nº 2, p. 376-398, 2009.

SÃO PAULO. Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Física, Coord. Maria Inês Frni. São Paulo: SEE, 2008.

TERRAZZAN, E.A. **Perspectivas para a inserção de Física Moderna na Escola Média**. 1994, 241 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.