



A introdução à física quântica para alunos do nono ano do ensino fundamental

Ilmar Pereira Dias Filho*

Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, Rio de Janeiro, Brasil.

*delta.fox@bol.com.br

Recebido em: 01/04/2022

Aceito em: 17/07/2022

Publicado em: 07/09/2022

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.4.1-1>

RESUMO

Foi desenvolvida uma proposta didática de introdução à Física Quântica para alunos do nono ano do ensino fundamental, onde foi possível verificar a sua eficácia e que também pudesse ser aplicado em salas de aula de todo o país, de forma a auxiliar o professor na abordagem de introdução de Física Quântica (FQ) para alunos da faixa etária de treze a catorze anos de idade. A proposta foi aplicada em duas turmas, em um total de quarenta e cinco alunos, em três encontros, perfazendo o total de seis horas aula. Adotou-se uma metodologia baseada nos conceitos construtivistas de David Ausubel e Lev Vygotsky. A aplicabilidade da sequência didática foi testada e averiguada, sendo que sua contribuição foi considerada positiva para a construção do conhecimento significativo, com um incremento médio de 13,3% nos acertos nos questionários de FQ e um ganho de aprendizado de 0,34, o que mostra a eficácia da referida proposta didática. Desta forma foi concluído que é possível o ensino de Física Quântica para alunos do nono ano do ensino fundamental com aprendizado significativo e que o produto educacional desenvolvido poderá ser útil a professores e alunos.

Palavras-chave: Física quântica. Ensino fundamental. Aprendizado significativo.

Introduction to quantum physics for ninth grade students of elementary school

ABSTRACT

A didactic proposal was developed to introduce Quantum Physics for students in the ninth year of elementary school where it was possible to verify its effectiveness and that it could also be applied in classrooms across the country, in order to assist the teacher in the approach of introduction of Quantum Physics for students aged thirteen to fourteen years old. The proposal was applied in two classes, with a total of forty-five students, in three meetings, totaling six hours of class, and a methodology based on the constructivist concepts of David Ausubel and Lev Vygotsky was adopted. The applicability of the didactic sequence was tested and verified, and its contribution was considered positive for the construction of significant knowledge, with an average increase of 13.3% in the correct answers in the Quantum Physics questionnaires and a learning gain of 0.34, which shows the effectiveness of the aforementioned didactic proposal. Thus, it was concluded that it is possible to teach Quantum Physics for students in the ninth year of elementary school with significant learning and that the educational product developed will be useful to teachers and students.

Keywords: Quantum physics. Elementary school. Meaningful learning.

INTRODUÇÃO

A Física Quântica (FQ) é fundamental para um entendimento contemporâneo da natureza e também é de imensa importância para as modernas tecnologias, abrangendo uma gama diversificada de aplicações: de semicondutores a lasers. Entretanto, é também um assunto que a maioria dos estudantes tradicionalmente, acham muito difícil.

O cotidiano do aluno é cercado de tecnologias ligadas à Física Quântica, e muitas delas que utilizamos diariamente se baseiam em seus conceitos, porém, a maioria dos discentes sequer possui noção desta situação, pois não tem qualquer tipo de contato com o assunto, mesmo que apenas conceitual.

As principais dificuldades encontradas pelos alunos para o aprendizado parecem derivar do formalismo matemático em que o assunto é envolto e de como este deve ser interpretado, um exemplo é o uso de matrizes feitas por Werner Heisenberg para descrever os fenômenos quânticos.

Ou seja, trabalha-se em sala de aula com equações e fórmulas que nada significam para estudantes na faixa etária entre 14 e 15 anos de idade, utilizando uma abordagem excessivamente quantitativa ao invés de uma mais qualitativa. Ademais, para um aluno da nona série, é um formalismo por demais complexo.

A relevância do tema é imensa já que o ensino de FQ envolve conceitos diferentes daqueles discutidos em Física Clássica e cabe ressaltar que as diversas tecnologias envolvidas com essa área da Física mostram a importância de seu ensino o mais precocemente possível, mas atendendo adequadamente à faixa etária proposta

Assim, vislumbrou-se a confecção de uma proposta didática para o ensino de FQ para alunos do nono ano do ensino fundamental, que também foi o produto da dissertação de mestrado profissional em ensino de física que o autor deste artigo defendeu pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

Esta proposta didática foi inspirada principalmente nos trabalhos de ensino de Física de partículas pela professora húngara Éva Mária Oláh, para alunos a partir de 13 anos, e uma das impressões da referida professora é que:

“percebi que os meus alunos estão muito entusiasmados quando têm que trabalhar com ferramentas que eventualmente os ajudem a desvendar as maravilhas e os segredos do mundo microscópico.” (OLÁH, 2015, p. 390).

Assim, a proposta foi aplicada de uma forma bem lúdica e percebemos que, atualmente, os alunos necessitam de novas formas de abordagem dos componentes curriculares.

“A sociedade hoje se nega a aceitar um procedimento com aulas exclusivamente expositivas e exigem do professor aulas dinâmicas e criativas, que despertem o interesse dos educandos.” (ALVES et al., 2005, p. 1).

Procurou-se assim, elaborar uma sequência didática que fosse de simples entendimento ao aluno e a mais lúdica possível, voltada justamente para a faixa etária escolhida e adequado aos recursos tecnológicos disponíveis na maioria dos ambientes escolares, mesmo com as dificuldades econômicas existentes no país.

Assim, decidiu-se criar o projeto chamado "Projeto Quântico", no qual se propõe a ensinar FQ para alunos do nono ano do ensino fundamental de uma forma mais qualitativa, com baixo grau de matematização, no qual também queria comprovar a eficácia do ensino desta área da Física para a referida faixa etária.

O Projeto Quântico guia-se por um lema: "O ser humano não pode passar por esta existência sem conhecer a Física Quântica". Ademais, um outro objetivo do projeto é sempre encantar os alunos, pois não se deve desestimular um aluno que pode ter (ou não) um perfil para a disciplina de Física por falta de incentivo.

Desta forma, o projeto foi elaborado em oito etapas: na primeira etapa houve a revisão bibliográfica referente ao ensino de física no que se refere à FQ baseada nas teorias da aprendizagem significativas de Ausubel e da aprendizagem de Vygotsky. Na segunda etapa foi feita a seleção dos assuntos relacionados à FQ, cujo foco principal foi atender a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que no seu preâmbulo trata a respeito dos assuntos: matéria, energia e reações nucleares, os quais foram devidamente incluídos no projeto.

Porém, como os assuntos da BNCC foram considerados bastante superficiais e extremamente genéricos, também foram incluídos assuntos de ementas de vestibulares de grande repercussão como é o caso do Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA, de cuja ementa foi incluído os seguintes assuntos: radiação do corpo negro; efeito fotoelétrico; o espectro de hidrogênio; o átomo de Bohr; o princípio de incerteza e a relação massa energia.

Da literatura utilizada no ensino médio para o ensino de física moderna foram utilizados os livros “Os Fundamentos da Física”, de Ramalho et al., (2014) e a coleção de Física da Professora Beatriz Alvarenga, e destas obras foram acrescentados os seguintes

assuntos: efeito fotoelétrico; átomo de Bohr; natureza dual da luz; princípio da incerteza; partículas fundamentais; fissão e fusão nuclear; decaimento alfa; decaimento beta; e decaimento gama.

Já na terceira etapa confeccionou-se os planos de aula, que foram a base para a sequência didática que faz parte do produto da dissertação.

Na quarta etapa aplicou-se um questionário, disponível em Dias Filho (2020), chamado de pré-teste, no intuito de identificarmos os conhecimentos prévios dos alunos e para poder avaliar a eficácia da proposta didática. O questionário procurou evidenciar os conhecimentos preexistentes dos alunos sobre os conceitos de FQ, foi respondido individualmente, sem consulta, e foi composto por doze questões que faziam referência aos conceitos que seriam abordados para assim verificar a evolução do aprendizado dos alunos.

A quinta etapa foi dedicada à aplicação do produto didático, onde foram abordados os fundamentos teóricos de FQ. Nesta etapa o autor valeu-se de simulações computacionais (como o software do *Physics Education Technology Project (PHET)*), vídeos, projetor multimídia e atividades.

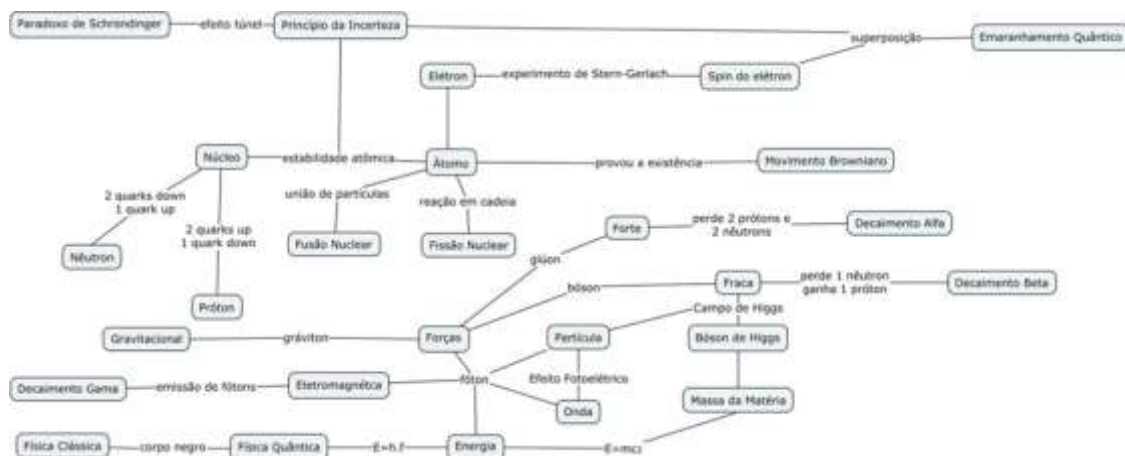
Na sexta etapa houve a reaplicação do mesmo questionário pré-teste, nesta etapa chamada de pós-teste, que buscou analisar as possíveis mudanças nas respostas dos estudantes referentes aos tópicos de Física Quântica abordados na aplicação do produto e, assim, avaliar o ganho de aprendizado dos alunos, bem como, o incremento médio nos acertos entre pré-teste e o pós-teste.

Na sétima etapa foi aplicado um questionário, a título de pesquisa de satisfação, para avaliar em caráter geral a aplicação do produto desta dissertação e cujos resultados foram compilados na seção que trata da análise de resultados.

E na oitava e última etapa foram realizadas as análises dos dados para verificar a eficácia da sequência didática para avaliar o ganho de aprendizado dos alunos, bem como, o incremento médio nos acertos entre pré-teste e o pós-teste e que foram devidamente analisados.

Deve-se ressaltar que as escolhas dos assuntos a serem abordados foram feitas de forma a abordar os principais tópicos da Física Quântica e levar o aprendizado em um encadeamento histórico e de forma a ligar um assunto ao outro de uma forma lógica, de acordo com o mapa conceitual abaixo (Figura 1):

Figura 1 – Mapa Conceitual da Sequência Didática.



FONTE: (DIAS FILHO, 2020, p. 111).

As atividades foram confeccionadas a baixo custo e utilizaram materiais comuns do nosso cotidiano, assim os alunos podem criar uma conexão dos novos conhecimentos aprendidos em sala de aula com a realidade em que vivem. Outra vantagem destes materiais é que devido a sua simplicidade podem ser reproduzidos em qualquer instituição de ensino (Figuras 2 a 4).

Cabe destacar que as atividades tem um papel preponderante de poderosas analogias para um entendimento inicial de conceitos que possuem uma complexidade muito maior que as retratadas nas próprias atividades, atividades estas disponíveis em Dias Filho, (2020).

Figura 2 – Atividades do Projeto Quântico: Controle Remoto, Difração com um CD, Ventoinha e Fosforescência.



FONTE: o autor

Figura 3 – Atividades do Projeto Quântico: Mouse, Termômetro, Spin do elétron e Copos.



FONTE: o autor.

Figura 4 – Atividades do Projeto Quântico: Dupla Fenda e Moeda.



FONTE: o autor

O Projeto Quântico foi aplicado a 45 alunos do nono ano do ensino fundamental, as aulas foram elaboradas com a premissa de que os estudantes não haviam visto o assunto desta dissertação e também foi assumido que os alunos tinham a intenção de aprender aquilo que se pretendia ensinar, para assim cumprir os pressupostos de Ausubel, que em seus estudos sobre o aprendizado significativo afirma:

“se quiséssemos reduzir a psicologia educacional em um único princípio este seria: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que sabe e baseie nisso seus ensinamentos.” (AUSUBEL et al., 1980, p. 137)

Outrossim, ainda para cumprir o que preconiza o referido autor, as aulas apresentaram o conhecimento mecânico em confronto com o conhecimento preexistente dos alunos, principalmente através das atividades, para desta forma se criar o aprendizado significativo.

Já no que se refere a Lev Vygotsky, o auxílio do professor na construção do conhecimento é fundamental:

“se um professor desejar ser um pedagogo cientificamente formado, vai ter de aprender muito. Antes se desejava apenas que conhecesse sua matéria e o programa e que soubesse dar alguns gritos em sala de aula ante um caso difícil. Hoje a pedagogia se transformou em uma arte verdadeira e complexa, com uma base científica. Portanto, exige-se do professor um elevado conhecimento da matéria e da técnica de seu trabalho.” (VIGOTSKI, 1924/2003, p. 300).

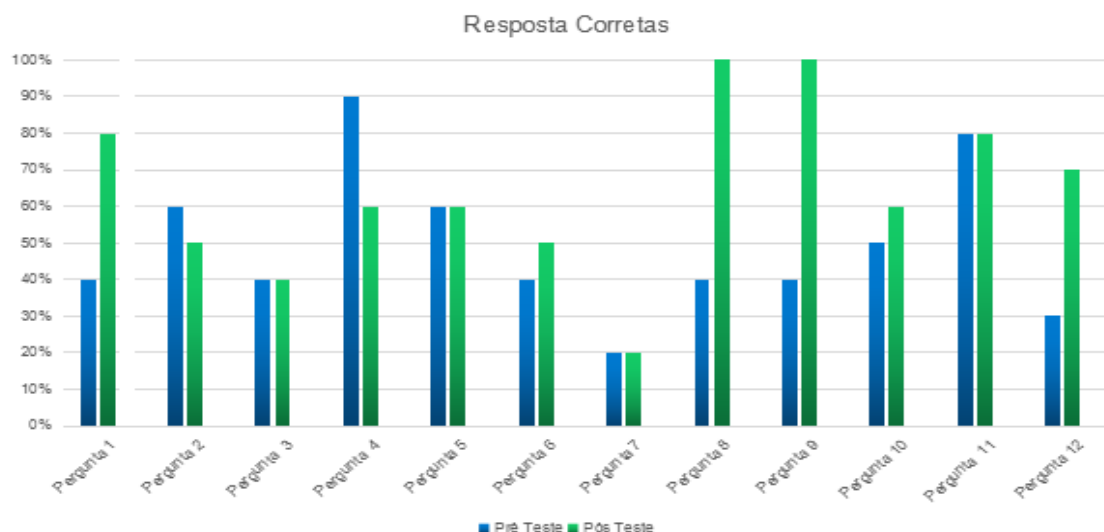
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma análise qualitativa, o retorno que os alunos demonstraram permitiu os seguintes registros:

- A necessidade do professor como mediador do conhecimento foi essencial ao entendimento de diversos conceitos de Física Clássica, Física Quântica e Química;
- As atividades foram ferramentas eficazes para a confrontação com o conhecimento teórico, associando o empírico à teoria da FQ;
- Deixar claro aos alunos que esta é somente a “ponta do iceberg”, e que há muito mais para se aprender sobre FQ indicando referências bibliográficas para a continuação desse estudo como os consagrados Fundamentos da Física, vol. III, de Ramalho et al., (2014).
- A redução do formalismo da Física e da descrição matemática nas aulas ministradas, se mostrou eficaz para a introdução dos conceitos de FQ;
- Os alunos ficam mais encantados e motivados com as atividades, principalmente àquelas onde há uso de laser, luz e que se valem de aparatos tecnológicos;
- A interdependência com outras disciplinas, principalmente com Química, o que leva a necessidade que o ensino seja de qualidade como um todo em todas as disciplinas do ensino fundamental;
- Durante as aulas, os alunos relataram que o conhecimento deles em FQ era muito superficial e que possuíam dificuldades de explicar os fenômenos que observam no cotidiano;
- As principais dificuldades verificadas nos alunos eram nas questões relativas a corpo negro, efeito fotoelétrico, princípio da incerteza, quarks, decaimento alfa e decaimento beta, pois estes conceitos ainda não haviam sido apresentados aos alunos.

Uma análise geral, baseada no Gráfico 1, verificou-se um incremento médio de 13,3% nos acertos nos questionários, o que mostra a eficácia da sequência didática ora apresentada.

Gráfico 1 – Respostas corretas pré-teste e pós-teste. FONTE: (Dias Filho, 2020, p.75).



Porém, para se ter um critério mais apurado foi utilizado o critério de Ganho de Aprendizado, onde temos:

“O ganho de aprendizagem é obtido ao comparar-se o rendimento das turmas no questionário aplicado na primeira semana de aula (pré-teste) com os resultados da mesma avaliação ministrada ao final do período letivo (pós-teste).” (SANTOS, 2015, p.4).

O ganho de aprendizagem normalizado (g) é calculado relacionando os percentuais de acertos no pré-teste (%pré) e no pós-teste (%pós), assim definimos como $g = (\%pós - \%pré) / (100 - \%pré)$.

Onde foi encontrado um resultado de 0,34 que é considerado de médio ganho (HAKE, 1998), que também evidencia a eficácia da sequência didática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que o objetivo principal do Projeto Quântico é encantar o aluno. Para isto se materializar, houve uma imensa preocupação de encontrar uma sequência didática que pudesse atrair os jovens e estimulá-los a buscar o aprofundamento dos conhecimentos em FQ de acordo com a própria capacidade de absorção do referido conteúdo e, desta

forma, reduzir a possibilidade de perder um aluno com aptidão aos estudos de FQ por não haver tido uma abordagem adequada que o estimulasse a prosseguir nos estudos deste campo do conhecimento.

Uma abordagem de ensino de caráter mais qualitativo mostrou-se eficaz. Assim, a parte conceitual pôde ser amplamente discutida e apresentada, em detrimento ao formalismo matemático, pois, pelo curto espaço de tempo disponível em relação à gama de conceitos existentes, foi fundamental focar naquilo que realmente possa fazer sentido naquele momento para os estudantes.

A análise das questões verificou um incremento médio de 13,3% nos acertos nos questionários de Física Quântica entre os alunos e no ganho de aprendizado foi alcançado um índice de 0,34 e mostra a eficácia da sequência didática ora apresentada à faixa etária de 14 e 15 anos, que são a média etária dos alunos da nona série do ensino fundamental, desta forma, a comparação dos resultados do pré e pós-testes indicam que houve aprendizado e a pesquisa de satisfação mostra que essa também foi a percepção dos estudantes.

Desta forma, acredita-se que o produto e as atividades propostas possam contribuir para o ensino do conteúdo de Física Quântica, uma vez que sugere uma abordagem diferenciada do assunto para a sala de aula.

As atividades se mostraram uma ferramenta poderosa ao aprendizado, pois promovem práticas interativas e abordam de forma contextual os conceitos ministrados e o professor é o personagem condutor do processo didático de aprendizagem do aluno.

Há indícios de aprendizagem significativa pois os pré-requisitos de Ausubel puderam ser reconhecidos em nosso projeto: melhora no conhecimento e disposição em aprender aquilo que se pretendia ensinar.

O produto gerado que foi o resultado da implementação Projeto Quântico é composto por um material de apoio, uma sequência didática e o detalhamento das atividades realizadas em sala de aula.

Cabe destacar que este material de apoio serve tanto para o professor, bem como para o aluno, para a compreensão da FQ.

Com estes resultados positivos pode-se vislumbrar a possibilidade de se adotar, de uma forma adaptada em um próximo passo, o ensino do tema de teoria da relatividade e, desta forma, abarcar toda a física moderna.

A principal dificuldade encontrada foi o não conhecimento prévio de conceitos não relacionados à Física Quântica, ligados principalmente à Química, que os alunos ainda não tinham e que poderia prejudicar a construção da aprendizagem significativa.

Assim, verifica-se que se deve investir em metodologias de ensino adequadas para que o aluno esteja preparado para poder entender os conceitos contra intuitivos da FQ.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Escola Almirante Carneiro Ribeiro e ao seu então Diretor Administrativo, o Sr. Eraldo Henrique de Figueiredo, pela oportunidade em aplicar este projeto, e aos seus alunos pela calorosa e amigável recepção. Também deixo meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Antônio Candido de Camargo Guimarães, orientador da dissertação que é a origem deste artigo, e sem ele este trabalho não seria possível.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de Física**. São Paulo: Ed. Scipione, 2000. v. 3.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- DIAS FILHO, I. P. **Proposta didática de introdução à Física Quântica para alunos do nono ano do ensino fundamental**. Macaé-RJ, 2020.
- HAKÉ, R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.
- OLÁH, E. M. **Let's build particle physics!**, 2015. Disponível em: http://parrise.elte.hu/tpi-15/papers/OlahEM_p.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.
- RAMALHO, F.; NICOLAU, G., TOLEDO, P. **Os Fundamentos da Física**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2014. v. 3.
- SANTOS, J. **O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa**. Disponível em: www.fanema.com.br/ensno/capacdoc/docs/papeldoprofessoraprendizagemsignificativa.pdf. Acesso em: 21 set.2019.
- TIPLER, P.; LLEWELLYN, R. **Física Moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico e Científico, 2017.
- VIGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2003.