

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA**

TALITA VICENTE DOS SANTOS

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA
PROPOSTA DE ARTICULAÇÃO ENTRE OBJETOS EDUCACIONAIS
E VISITAS A LABORATÓRIOS.**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2017

TALITA VICENTE DOS SANTOS

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA
PROPOSTA DE ARTICULAÇÃO ENTRE OBJETOS EDUCACIONAIS
E VISITAS A LABORATÓRIOS.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior
Co orientador: Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

CURITIBA

2017

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S237f Santos, Talita Vicente dos
2017 Física moderna e contemporânea no ensino médio : uma proposta de articulação entre objetos educacionais e visitas a laboratórios / Talita Vicente dos Santos.-- 2017.
103 f. : il. ; 30 cm.

Disponível também via World Wide Web.
Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. Área de Concentração: Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional, Curitiba, 2017.
Bibliografia: f 85-91.

1. Física - Estudo e ensino (Ensino médio). 2. Filmes e vídeos educativos. 3. Laboratórios de física. 4. Educação aberta. 5. Ensino a distância. 6. Tecnologia da informação. 7. Comunicação na educação. 8. Psicologia educacional. 9. Aprendizagem. 10. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. I. Bezerra Junior, Arandi Ginane, orient. II. Saavedra Filho, Nestor Cortez, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. IV. Título.

CDD: Ed. 22 -- 507.2

TERMO DE APROVAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE ARTICULAÇÃO ENTRE OBJETOS EDUCACIONAIS E VISITAS A LABORATÓRIOS.

Por

Talita Vicente dos Santos

Esta dissertação foi apresentada às 14h00 do dia 31 de agosto de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ensino de Ciências**, com área de concentração em *Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional* e linha de pesquisa *Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências* do Mestrado Profissional do **Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica**. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr
(UTFPR – orientador)

Prof. Dr. Marcos Antônio Florczak
(UTFPR)

Prof. Dr. Jorge Alberto Lenz
(UTFPR)

Prof. Dr. Edival de Moraes
(PUCPR)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Vera e Jovenil por sempre me apoiarem, confiarem em mim e me ensinarem valores que nenhuma faculdade poderia formar.

Ao meu esposo Allan pela paciência, parceria e pelo apoio incondicional em tantos momentos difíceis ao longo dessa caminhada da vida.

Aos meus amigos que estiveram presentes em diversos momentos dessa jornada, incentivando e dividindo angústias. Todos vocês contribuíram de forma direta ou indireta nesta construção. Não citarei nomes para não correr o risco de cometer injustiças.

Aos meus alunos, atuais e anteriores, por motivarem a vida profissional e fazerem ela ter um sentido maior.

Aos meus professores e colegas de trabalho pelo entusiasmo, pelas conversas e por dividirem o sonho de uma educação melhor.

Ao meu orientador professor Arandi Ginane Bezerra Jr por todas as conversas honestas, pelo incentivo mesmo à distância e por dividir um pouquinho do conhecimento vasto que tens.

Aos professores Lenz, Nestor, Edival e Marcos que aceitaram participar desse momento importante em minha formação profissional e pessoal. As contribuições dadas foram imprescindíveis para a conclusão deste trabalho.

“Ninguém é tão grande que não possa aprender, nem tão pequeno que não possa ensinar.”

(Esopo)

RESUMO

SANTOS, Talita Vicente. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma proposta de articulação entre objetos educacionais e visitas a laboratórios.** 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

O tema central deste trabalho é o ensino de física moderna e contemporânea (FMC) no nível médio. Discute-se a importância do assunto, tendo em vista a realidade educacional brasileira e a pertinência do uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC), em especial, recursos educacionais abertos (REA). Propõe-se articular o emprego de vídeos em sala de aula, na escola, e visitas a laboratórios didático e de pesquisa, na universidade. Os vídeos, previamente desenvolvidos no âmbito do nosso grupo de pesquisa, referentes a experimentos sobre lâmpadas espectrais, experimento de Millikan e efeito fotoelétrico, serviram de base para a elaboração de sequências didáticas. As visitas foram realizadas no laboratório didático de Física Moderna e no laboratório de pesquisa Fotonanobio da UTFPR, visando à interação entre estudantes de ensino médio, graduandos e pós-graduandos, técnico de laboratório e professores-pesquisadores. Esta articulação busca propiciar aos alunos contato com ambientes e resultados experimentais relacionados à FMC, dado o contexto de que não existe, na escola, a disponibilidade de laboratório de Física nem tampouco aproximações com laboratórios de pesquisa. Pretende-se que esta abordagem sirva de base para a mobilização de organizadores prévios capazes de fundear subsunçores, no contexto da Aprendizagem Significativa, para potencializar o ensino e aprendizagem de fenômenos importantes da FMC.

Palavras chave: Física Moderna e Contemporânea; Tecnologias de Informação e Comunicação, Vídeos Educacionais, REA, Visita a laboratórios.

ABSTRACT

SANTOS, Talita Vicente. **Modern and Contemporary Physics in High School: a proposal of articulation between educational objects and visits to laboratories.** 2017. Dissertation (Professional Master's Degree in Scientific, Educational and Technological Formation) - Graduate Program in Scientific, Educational and Technological Training. Federal University of Technology, Paraná. Curitiba, 2017.

This work focuses on the teaching of modern and contemporary physics (MCP) at the secondary level. Our approach considers the Brazilian educational context and the role of information and communication technologies (ICT), in particular the use of open educational resources (OER). Emphasis is given to the use of videos in the classroom. In addition, visits to didactic and research laboratories were organized. The videos, previously developed within our research group, were used as a basis for the elaboration of didactic sequences, and refer to experiments on spectral lamps, the Millikan oil drop experiment, and the photoelectric effect. The visits were held at the Modern Physics Lab and the research Lab Fotonanobio at UTFPR, and intended to bring secondary, undergraduate and graduate students together with researchers and professors. This articulation between OER and Laboratory visits aim to bring students to contact with experimental results regarding MCP, given the context in which there is no physics laboratory available at school premises. It is intended that this approach will serve as a basis for the mobilization of previous organizers, in the context of Significant Learning, to improve the teaching learning of important MCP phenomena.

Key works: Modern and Contemporary Physics, Information and Communication Technologies, Educational Videos, OER, Visit to laboratories.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema representativo do princípio da assimilação.	35
Figura 2: Esquema de montagem do Experimento de Linhas Espectrais.	58
Figura 3: Destaque o efeito percebido pelas linhas espectrais da lâmpada de gás utilizada no experimento, com luzes ambientes no laboratório.	59
Figura 4: Destaque o efeito percebido pelas linhas espectrais da lâmpada de gás utilizada no experimento, com luzes do laboratório apagadas.	60
Figura 5: As diferentes configurações de linhas espectrais em diferentes substâncias.	61
Figura 6: Atuação de forças presentes nas gotas de óleo no Experimento de Millikan.	66
Figura 7: Espectro luminoso e ordem de grandeza de suas frequências e comprimentos de onda.	69
Figura 8: Aparatos da montagem experimental do Efeito Fotoelétrico.	70
Figura 9: Aparatos da montagem experimental do Efeito Fotoelétrico. Multímetros em funcionamento.	71
Figura 10: Recepção dos alunos na UTFPR e conversa com professores pesquisadores da instituição.	73
Figura 11: Experimentos apresentados na visita. (1) Difração de elétrons e (2) Experimento de Millikan.	74
Figura 12: Aluna manuseando o experimento de Millikan.	74
Figura 13: Demonstrações dos equipamentos utilizados na confecção de nanopartículas. Visita ao laboratório Fotonanobio.	75
Figura 14: Demonstrações das nanopartículas de diferentes metais. Visita ao laboratório Fotonanobio.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Respostas de alguns alunos a questão 1 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.	76
Tabela 2: Respostas de alguns alunos a questão 4 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.	77
Tabela 3: Respostas de alguns alunos a questão 6 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.	78
Tabela 4: Respostas de alguns alunos a questão 8 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.	80

LISTA DE SIGLAS

AS	–	Aprendizagem Significativa
DCE	–	Diretrizes Curriculares Estaduais
EM	–	Ensino Médio
FMC	–	Física Moderna e Contemporânea
LDB	–	Lei de Diretrizes e Bases para a Educação
OA	–	Objetos de Aprendizagem
OE	–	Objetos Educacionais
PCN+	–	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN	–	Parâmetros Curriculares Nacionais
REA	–	Recursos Educacionais Abertos
TIC	–	Tecnologias de Informação e Comunicação
UTFPR	–	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	14
2 – FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO.....	21
3 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
3.2 – RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS (REA)	32
3.3 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA.....	34
3.3.1 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO A TEORIA DE AUSUBEL	34
3.3.2 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA	37
3.3.3 – O CONTEXTO DO MESTRADO PROFISSIONAL	39
4 – USO DE VÍDEOS E VISITAS A LABORATÓRIOS: PROPOSTA E ASPECTOS METODOLÓGICOS	42
4.1 – HISTÓRIA DOS VÍDEOS E DO PORTAL CIÊNCIA CURIOSA	42
4.2 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA EM SALA DE AULA.....	45
4.3 – VISITA AOS LABORATÓRIOS DA UTFPR	50
5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
5.1 – AS AULAS DE FMC COM A UTILIZAÇÃO DOS VÍDEOS.....	56
5.1.1 – AULA 1 – EXPERIMENTO DAS LINHAS ESPECTRAIS.....	57
5.1.2 – AULA 2 – EXPERIMENTO DE MILLIKAN.....	65
5.1.3 – AULA 3 – EXPERIMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	68
5.2 – VISITA AO LABORATÓRIO DE FMC DA UTFPR.....	73
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
7 – REFERÊNCIAS:	86
APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA.....	94
APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO SOBRE EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS.....	95
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE DOS VÍDEOS	99
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIOS PRÉ E PÓS-VISITAS AOS LABORATÓRIOS	103

1 – INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem de Física é bastante desafiador para professores e estudantes. Este ramo da Ciência, geralmente, é visto como desinteressante e abstrato demais por parte dos alunos, além de, muitas vezes, ser apresentado sem ter ligação com o cotidiano e como se tivesse pouco importância, de modo que os estudantes não veem utilidade naquilo que lhes é ensinado (CUPANI; PIETROCOLA, 2002). Angotti (2015) é muito preciso ao questionar:

Será que o aluno tem interesse no que lhe está sendo proposto como conteúdo a ser aprendido? Será que este conteúdo desperta sua curiosidade? Será que este jovem chegará a entender as relações entre os conhecimentos ou está sendo somente adestrado para decorar palavras e procedimentos sem articulação ou mesmo significado que poderão ser rapidamente esquecidos? (p. 8).

Nesta mesma linha, alguns fatores relevantes no campo de pesquisa a respeito do ensino de Física, em especial, da Física Moderna e Contemporânea (FMC) apontam para um distanciamento da realidade que se apresenta na linguagem de muitos materiais didáticos, algumas lacunas na formação de professores e, ainda, a ausência de investimentos em capacitação para os docentes. Tais condições associadas ao contexto da falta de estrutura no espaço escolar, onde, em muitos casos, não há disponibilidade de materiais ou recursos com diversificação de tecnologias educacionais, nem mesmo ambiente adequado para a realização de atividades práticas e experimentais, obstruem o processo de ensino-aprendizagem de Física, segundo relatado em trabalhos de Ostermann e Moreira (2000), Pereira e Aguiar (2006), Dominguni (2012), Pereira e Schumacher (2013), dentre outros.

A abordagem do ensino de Física enfatiza, para o nível médio, os tópicos de Física Clássica, apresentando aos alunos os conceitos de Mecânica Newtoniana, Termologia, Óptica e Eletromagnetismo, sem mudanças significativas no processo didático e pedagógico (ANGOTTI, 2015). Segundo Calheiro e Garcia (2014, p.178) “É de conhecimento geral que o ensino de Ciências em geral e de Física, mais especificamente, não tem demonstrado mudanças nas práticas pedagógicas nas escolas de Ensino Médio”.

As teorias da Física Clássica descrevem de forma satisfatória muitos dos acontecimentos do dia a dia, se considerarmos os domínios de validade daqueles conceitos. No entanto, apesar de toda sua importância no processo de descrição de fenômenos fundamentais da natureza, não é suficiente para a compreensão de diversos fenômenos complexos e de muitas tecnologias modernas, nem é capaz de satisfazer, por si só, as curiosidades dos alunos no que se refere, por exemplo, a temas atuais veiculados nos meios de comunicação (MACHADO; NARDI, 2007).

Temas como buracos negros, expansão do universo, buracos de minhocas, viagens no tempo, a famosa 'partícula de Deus' e a recente comprovação das chamadas 'ondas gravitacionais', previstas em teorias de Albert Einstein no período de produção de seus trabalhos sobre Relatividade, tem ganhado espaço de destaque nos meios de comunicação. As divulgações desses temas pela mídia têm trazido para as salas de aula o interesse dos alunos em compreender as explicações sobre as teorias mais novas, que ainda 'não aparecem nos livros' e que, em geral, não são explicadas de forma acessível, mesmo com a utilização de materiais alternativos, tais como sites, artigos, revistas entre outros. Conforme Rocha e Ricardo (2016):

A ciência evolui de tempos em tempos produzindo diversas tecnologias e saberes que se fazem presente no cotidiano dos alunos. A cada novo dia nossos alunos se veem imersos em um mundo tecnológico e científico fascinante. Porém, a sua relação com esse mundo se resume, muitas vezes, a serem meros usuários que não contemplam as descobertas científicas fundamentadas por detrás desses artefatos tecnológicos (p. 224).

Desta maneira, é notável a importância da inserção da Física Moderna nos cursos de Ensino Médio com o objetivo de aproximar os alunos da Ciência, entendida como processo que está em permanente construção, proporcionando a compreensão sobre novas tecnologias e o funcionamento de aparelhos modernos que os estudantes utilizam, conectando-os aos mais recentes desdobramentos da Ciência, num processo de humanização do fazer científico. Em resumo:

A inserção de temas da Física Moderna nas escolas é necessária para a atualização curricular tendo em vista a formação de cidadãos capazes de compreender as bases de inúmeras tecnologias presentes no dia-a-dia, tais quais os computadores, o laser e os sistemas de posicionamento global por satélite (GPS), dentre inúmeros outros (MACHADO; NARDI, 2007, p. 91).

Segundo Moreira (2010) “O discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o "aprender a aprender" que permitirá à pessoa lidar frutiferamente com a mudança, e sobreviver”. Assim, a necessidade da atualização curricular do ensino de FMC para o nível médio é reforçada, também, pelos documentos oficiais nacionais e estaduais. É necessário que o estudante seja posto em contato com uma Ciência que tem múltiplas aplicações e que se trata de um processo ainda em construção, de forma a tornar esse aluno capaz de fazer interações sociais e culturais a partir da análise de situações nas quais se aplicam tais conceitos e tecnologias.

Tais abordagens, no ensino de física, contribuem para a compreensão dessa ciência como algo em construção, cujo conhecimento atual é a cultura científica e tecnológica deste tempo em suas relações com as outras produções humanas. Ao abordar o conhecimento científico em seus aspectos qualitativos e conceituais, filosóficos e históricos, econômicos e sociais, o ensino de física contribuirá para a formação de estudantes críticos (PARANÁ/SEED, 2008, p. 62)

Sobre o conteúdo programático apresentado pelo Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), destaca-se a centralidade da FMC para permitir ao aluno compreender diversos tópicos que explicam o mundo atual e suas descobertas:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo da matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, PCN+, 2002, p.91).

No Paraná, as Diretrizes Curriculares Estaduais da Educação Básica (DCE) também orientam quanto à importância da incorporação da FMC para o ensino:

[...] trabalhos realizados no final do século XIX e início do século XX, especialmente por Planck e Einstein, levaram ao estabelecimento da natureza corpuscular – os quanta de luz – que revelaram a natureza dual da luz. Para uma abordagem em Física Moderna, é importante, também, o trabalho com o efeito fotoelétrico e a compreensão que a descoberta dos

quanta de luz deu início à mecânica quântica e à imutabilidade da velocidade luz, como um dos princípios da relatividade (PARANÁ, 2008, p. 61).

São diversos os pontos de vista que enfatizam a relevância de uma intervenção e modificações nos processos de ensino de Física e, em particular, da FMC, conforme destacado por Pereira e Aguiar (2006);

[...] é necessário produzir textos sobre o desenvolvimento da física, montar laboratórios como recurso de aprendizagem, utilizar simulação em computadores e estratégias para revitalizar o ensino dessa disciplina na escola. Recursos diversificados subsidiariam práticas de ensino mais produtoras (p. 69).

No campo de ensino, existem algumas alternativas de materiais potenciais que podem e devem ser considerados relevantes para o processo de aprendizagem. Neste contexto, cabe destacar que a Física trata de fenômenos que, apesar de concretos, exigem do observador uma percepção bastante abstrata. Assim, a inserção de seus diversos conceitos, em sala de aula, baseada apenas em estratégias verbais ou textuais pode não ser suficiente para que se construa a compreensão, por parte do estudante, de conceitos físicos mais formais e suas interconexões, com outras áreas de conhecimento e aplicações, justificando assim a utilização de diferentes recursos.

Como subsidiários ao processo de incorporação da FMC no ensino, dentre os recursos disponíveis para utilização em sala de aula, destacam-se as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), campo amplo que engloba, por exemplo, a utilização de recursos tais como simuladores, vídeos, documentários, etc. (PEREIRA; SCHUMACHER, 2013).

A inserção de recursos alternativos auxiliares e potencializadores no ensino também se justifica ao considerarmos que as tecnologias modernas têm sido incorporadas de maneira significativa na vida e na escola. Não devemos, portanto, considerar apenas o acesso ao computador, mas também a *smartphones*, *tablets* e outros. Além disso, a crescente presença de laboratórios de informática nas escolas, abre acesso a múltiplos recursos.

Esta discussão também se desdobra de outra maneira, dado que a inserção dos instrumentos tecnológicos para o ensino da FMC diz respeito, inclusive, a encontrar alternativas para superar a falta de espaços destinados à experimentação, visto que, em muitos casos as escolas não dispõem de laboratórios de Ciências,

menos ainda de laboratório de Física Moderna, considerando o grande investimento financeiro em estruturar um espaço de ensino como esse (BEZERRA JR et al, 2015).

Portanto, a busca por estratégias que valorizem e facilitem o processo de ensino aprendizagem de FMC são fundamentais. Contudo, o uso e adequação de tecnologias não é condição suficiente. O ensino também envolve outros elementos, por exemplo, aspectos culturais, sociais e cognitivos. Neste sentido, uma importante estratégia adotada para sanar lacunas e fortalecer o processo de aprendizagem de assuntos inerentes à FMC propõe utilizar da Aprendizagem Significativa (AS), de David Ausubel. Nela dá-se importância à assimilação de conceitos a partir do conhecimento prévio, não formal, do estudante. E buscam-se estratégias para que o aluno internalize os conceitos envolvidos com rigor e de modo que lhe seja expressivo. A propósito da importância dos conhecimentos prévios destaca-se que:

Ao levar em conta o conhecimento prévio dos estudantes, o professor deve considerar que a ciência atual rompe com o imediato, o perceptível, o que pode ser tocado e que, para adentrar ao mundo da ciência, é preciso um processo de enculturação no qual o estudante apropria-se das teorias científicas (PARANÁ/SEED, 2008, p. 56).

No contexto da Aprendizagem Significativa, entende-se a necessidade de as aulas de Física irem além da simples enunciação e da mera reprodução de conceitos estritamente abstratos e formais. É necessário que o aluno seja capaz de assimilar o formalismo da Ciência e concretize questionamentos referentes ao seu processo de formação acadêmica e social, de modo que possa efetivamente apreciar e utilizar o conhecimento edificado.

Assim, lançada a importância da inserção de tópicos da FMC no Ensino Médio, e refletindo sobre algumas estratégias de abordagem dos seus conceitos em sala de aula, surge o questionamento que norteia este trabalho: De que maneira a utilização de estratégias diversificadas, incluindo o uso de vídeos de experimentos de FMC e visitas a laboratórios, podem ser empregadas como organizadores prévios no processo educacional?

A partir de tal aspecto, estabeleceu-se uma programação que consistiu na escolha de materiais potencialmente significativos, em especial, vídeos referentes a

conceitos de FMC, produzidos em nosso grupo de pesquisa¹, na UTFPR. A aplicação dos vídeos deu-se no contexto de sequências didáticas organizadas para o ensino de FMC e o processo possibilitou a análise de seus efeitos para a compreensão dos assuntos, por parte de alunos de Ensino Médio.

Além da utilização dos vídeos, o presente trabalho discute a realização de visitas a laboratórios didáticos e de pesquisa como possibilidade de estimular os estudantes e colocá-los em contato com experimentos e temas de FMC. Neste sentido, abrem-se múltiplas possibilidades de discussão, a partir da participação dos estudantes na manipulação dos equipamentos em um laboratório didático de ensino superior e também do contato com os ambientes em que se realiza pesquisa científica.

➤ OBJETIVO GERAL DA PESQUISA:

Elaboração de sequências didáticas para a inclusão de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, a partir da utilização de recursos de mídia (vídeos) e visitas a laboratórios. Busca-se aperfeiçoar as aulas de Física e verificar e analisar indícios de formalização do conhecimento, por parte dos estudantes, com apoio no conceito de organizadores prévios, da Teoria da Aprendizagem Significativa.

➤ OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Utilizar vídeos de experimentos de FMC elaborados por estudantes de licenciatura em física, no âmbito de nosso grupo de pesquisa na UTFPR, como organizadores prévios para o ensino de conceitos referentes à FMC;
- Realizar atividades experimentais de FMC *in loco* (no laboratório didático de FMC da UTFPR e no laboratório de pesquisa Fotonanobio) como estratégia para mobilizar organizadores prévios, no contexto da Aprendizagem Significativa;
- Desenvolver sequências didáticas para inserção de tópicos de FMC, a partir da utilização dos vídeos produzidos com os experimentos de FMC e à luz das visitas aos laboratórios.

¹ Projeto de Pesquisa: Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Disponível em: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4784521A5>. Acesso em: 20 mai. 2017.

- Levantar as concepções dos alunos sobre tópicos principais apresentados nos experimentos de FMC, para investigar os efeitos das atividades desenvolvidas na aprendizagem dos conteúdos;

2 – FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Compreender o que é Física Moderna e Contemporânea, quais as razões para constar na componente curricular do EM, bem como, discutir os principais desafios para a sua incorporação no ensino, considerando o cenário educacional atual e ponderando, assim, as principais possibilidades disponíveis para auxiliar e aprimorar o ensino de FMC, são quesitos fundamentais para a justificativa desta produção.

Desta forma é necessário, inicialmente, compreender os termos envolvidos no contexto da Física Moderna e Contemporânea, para só então justificar os caminhos tomados neste trabalho. Segundo Domingui (2012):

Historicamente, a evolução da física é dividida em três grandes etapas: física clássica, a física moderna e física contemporânea. A física clássica compreende os trabalhos desenvolvidos a partir da tríade Copérnico, Galileu e Newton até a teoria clássica sobre o eletromagnetismo, no final do século XIX [...]. A física moderna é o conjunto de teorias surgidas a partir do início do Século XX, a partir dos trabalhos de Planck a respeito da mecânica quântica, que passa a estudar os fenômenos físicos da matéria em escala atômica e os de Einstein sobre a relatividade, que busca explicar os fenômenos em escalas astronômicas, envolvendo grandes quantidades de energia e massa [...]. A física contemporânea tem suas origens a partir do final da Segunda Guerra Mundial, que tem como principal campo de estudo as partículas subatômicas (p. 1).

Consideramos importante acrescentar ao campo entendido por Física Contemporânea, além do estudo das partículas subatômicas, os desdobramentos da Física, principalmente na segunda metade do século XX, representados por áreas como a Física da Matéria Condensada e a Física de Plasmas, bem como aqueles que se estendem ao século XXI, com ênfase às nanociências e à nanotecnologia, todos caracterizados por interações entre elementos da Física Clássica e da Física Moderna, bem como entre a Física e outras ciências, como Química e Biologia. Neste contexto, a Física Contemporânea apresenta diversos elementos evidentes de interdisciplinaridade.

O ensino de Física deve basear-se em prover o estudante de aptidões específicas capazes de fomentar uma compreensão sobre seu cotidiano. Busca-se explicar os fenômenos da natureza bem como os tecnológicos, dominando a linguagem básica específica da Ciência. Tais abordagens, no ensino de Física, contribuem para a compreensão dessa disciplina como algo em construção, num

contexto em que tal conhecimento integra a cultura científica e tecnológica deste tempo em suas relações com as outras produções humanas.

Os temas da FMC podem despertar interesse nos estudantes, por tratar de temas que ainda estão evoluindo e também, graças aos meios de comunicação, ganham seu espaço e são divulgados com certa regularidade em noticiários. Segundo Domingui *et al* (2012, p. 1), “Atualmente, após os avanços científicos e tecnológicos, a Física Moderna tem despertado a curiosidade dos jovens”. Esta consideração é reforçada em seu trabalho *Novas abordagens do conteúdo Física Moderna no ensino médio público do Brasil*, na qual analisa a presença dos conteúdos de FMC nos livros didáticos do PNLEM², apontando as justificativas dos autores dos livros analisados, em que o discurso, muitas vezes, traz a intenção de que a FMC deve trazer respostas a essas curiosidades, demonstrando-se como real e aplicável aos discentes.

Salienta-se também que a investigação e compreensão dos fenômenos da FMC justificam-se pelo caráter largamente tecnológico do mundo atual, e, portanto, é dever da escola orientar os alunos na busca pela compreensão da natureza, inserindo assuntos relevantes ao desenvolvimento crítico, a fim de que o estudante seja capaz de descrever, com autonomia, o mundo que o cerca. Segundo Pietrocola e Brockington (2003, p. 2):

É inegável que os conteúdos contemporâneos exercem uma influência cada vez maior em nosso cotidiano, tornando sua compreensão imprescindível para o entendimento do mundo moderno. Vivemos inseridos em uma sociedade cada vez mais tecnológica, fruto de uma industrialização que tomou proporções inimagináveis a partir do século XX, alavancada por “revolucionárias” teorias científicas.

Para além da importância dada ao Ensino de Física enquanto instrumento para a compreensão de uma sociedade cada vez mais impactada pelas tecnologias, é importante não reduzir essa inserção da FMC ao caráter tecnológico, ou à mera “explicação de aplicações” em processos de crescente industrialização. Ora a FMC e a implantação de seus conteúdos está para além de tal interpretação, pois

[...] se é verdade que a escola tem papel fundamental na constituição da sociedade, então essa escola terá que deixar de ser mero cenário burocrático na vida dos alunos e passar a ser um ambiente de formação para a

² PNLEM: Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio foi implantado em 2004 e prevê a distribuição de livros didáticos para os alunos do ensino médio público de todo o País. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/31954>>. Acesso em: 4 ago. 2017.

autonomia, para se buscar saídas, e não para formatá-los de acordo com o mercado (RICARDO, 2004 *apud* LOCH, 2011, p. 25).

Neste sentido, a FMC também deve ser entendida enquanto elemento do mundo maior da cultura, também constituindo “[...] um fator determinante no encaminhamento de um jovem para o encantamento com o conhecimento, para o estabelecimento de um diálogo inteligente com o mundo [...]” (ZANETIC, 2005).

Apesar do consenso a respeito da importância do ensino de tópicos de FMC, é possível destacar vários aspectos que tornam problemático e abstruso o processo de ensino e aprendizagem em sua integralidade. Por exemplo:

Destacamos várias dificuldades que devem ser enfrentadas na introdução da Física Quântica no ensino médio. A primeira refere-se ao formalismo matemático inerente à descrição quântica; outra, diz respeito às novidades conceituais que se distanciam da Física Clássica; a terceira dificuldade está relacionada com o tratamento experimental dos temas quânticos (PINTO; ZANETIC, 1999, *apud* LOCH, 2011, p. 80).

Além destes apontamentos, poderíamos também incluir a formação de professores, a realidade sociocultural dos estudantes, as insuficiências do espaço acadêmico, que podem ser percebidos em muitas escolas de nosso país – principalmente as escolas públicas – problemas de acesso aos materiais e recursos didáticos, etc.

Sobre os livros didáticos de Física para o Ensino Médio, por exemplo, Ostermann e Moreira (2000) evidenciaram problemas relacionados à linguagem usada nos textos disponíveis para os alunos. Estes textos pareciam ter sido escritos há muito tempo, que continham termos superados, e desconexos da realidade do aluno. Em diversos casos não costumavam contemplar descobertas relevantes ou atuais, apresentando os conteúdos de FMC, quando estes apareciam, apenas em tópicos especiais ou extensões com pouco detalhamento. Além disso, alguns textos foram apontados como possuindo erros conceituais.

Dominguini (2011) traz uma visão mais atual e direcionada aos livros de Física disponíveis para as escolas estaduais distribuídos pelo PNLEM, fazendo uma análise sobre a presença e abordagem dos conteúdos de FMC nesses materiais. Segundo ele:

Não podemos negar que todos os livros do PNLEM apresentam conteúdos relacionados à Física Moderna, sejam eles na forma de uma unidade específica, capítulo ou como um apêndice ou texto complementar.

[...] Porém, essas diferentes formas de abordagem demonstram que os autores dão pesos diferentes à importância desse conteúdo. Apresentar uma unidade inteira abordando assuntos de Física Moderna é diferente de apresentá-los em forma de caixas de texto, ao longo dos demais capítulos (p. 5).

A partir da discussão elaborada por estes autores, pode-se estabelecer um entendimento de que a FMC merece maior importância no contexto do ensino de Física no ambiente escolar. Esse consentimento pode ser reforçado a partir dos documentos oficiais como os PCN+ e as DCE. Contudo, deve-se ainda ressaltar que, nos materiais didáticos, a FMC ainda se apresenta com pouca importância quando comparada aos conteúdos da Física Clássica.

Não podemos mais estar à mercê de conteúdos com quase 150 anos de atraso. O avanço das tecnologias nos mostra que, cada vez mais, necessitamos de conhecimentos avançados. As tecnologias atuais não são mais baseadas tão somente nas leis de Newton, mas também em um conhecimento muito mais profundo (DOMINGUINI, 2011, p. 6).

Nesta perspectiva, verifica-se que apenas os materiais de referência impressos não subsidiam, com satisfação, a necessidade estrutural dos conteúdos de FMC, uma vez que, em sua maioria, apresentam-se em fragmentos e pouco contextualizados, não sendo possível aos estudantes estabelecer relação entre a modelagem científica e a descrição crítica do mundo real.

Além das deficiências de forma e de conteúdo em materiais didáticos para os alunos, percebe-se também a carência de trabalhos de pesquisa acadêmica referentes a alguns temas de FMC, que possam orientar os professores de Ensino Médio no desenvolvimento de mais e melhores estratégias de ensino. Segundo Loch e Garcia (2009):

Apesar de ainda ser bastante presente, nos trabalhos analisados, a proposta de “pendurar” os conteúdos de FMC como conteúdo à parte, ora no primeiro ano ora no terceiro ano do EM, é possível perceber uma tendência, em termos de metodologia, da utilização de conceitos da História e Filosofia da Ciência assim como de recursos audiovisuais para o seu desenvolvimento. Essa revisão nos permitiu detectar a carência de trabalhos em algumas áreas da FMC, que mostrem para os professores do EM um caminho seguro para a inserção desses conteúdos e possibilitem uma atualização curricular consistente [...] (p. 10).

Outro problema já mencionado, está associado a deficiências na formação de professores, tendo em vista, por exemplo, conteúdos de Relatividade e Física Quântica. A este respeito, Bezerra Jr e colaboradores afirmam (BEZERRA JR *et al*, 2015):

Embora o despertar da curiosidade dos estudantes pelo tema seja motivador para discussões na escola, entretanto, dada a realidade educacional brasileira, surgem dificuldades tais como deficiências na formação de professores com respeito a conteúdos de Relatividade e Física Quântica, por exemplo, já que as licenciaturas em Física, notadamente antes dos PCN+ (BRASIL, 2002) não contemplavam o tema enquanto componente da formação do professor de Física. Desta forma, há várias gerações de professores de Física e Ciências em nosso país que nunca travaram contato com discussões acerca da transposição didática da Física Moderna para a sala de aula. Isto explica, em parte, o desamparo sentido por estes professores, pelo fato já citado, de tais discussões permearem sua prática docente atual (p. 815).

Em resumo, além dos reveses encontrados quanto a estrutura dos materiais didáticos de Física para o Ensino Médio, com falta de normatização quanto à abordagem do conteúdo para estes materiais, é necessário ressaltar que os textos dispostos nas referências didáticas referentes a FMC podem apresentar linguagem alheia, que tampouco aproxima-se à realidade sociocultural do estudante e, portanto, não são capazes de desempenhar o papel de conexão entre o mundo científico e o cotidiano do discente. Somando-se a isso os problemas referentes à formação de professores, percebe-se uma realidade que aponta para a necessidade de investimentos em pesquisas e produções de materiais que facilitem o acesso aos conteúdos de FMC e não os disponibilizem apenas como um ‘apêndice’ ou conteúdos de ‘capítulo extra’. Além disso, é necessário produzir exemplos e alternativas que possam ser apropriadas por docentes em atividade.

Desta forma, faz-se, então, imperativa uma busca por materiais e métodos norteadores consistentes para as abordagens dos tópicos de FMC para o ensino médio. Neste processo, as TIC podem desempenhar papel estratégico (BEZERRA JR *et al*, 2015).

Curiosamente, já no final dos anos 90, apontava-se uma chamada “revolução informática”:

Primeiramente, o fator econômico se apresenta e se define pela ruptura tecnológica característica da chamada terceira revolução técnico-industrial, na qual os avanços da microeletrônica têm um papel preponderante, e, a partir década de 80, se acentuam no País.

A denominada “revolução informática” promove mudanças radicais na área do conhecimento, que passa a ocupar um lugar central nos processos de desenvolvimento, em geral. É possível afirmar que, nas próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias (BRASIL, PCN, 1999, p. 5).

As TIC podem ser entendidas como uma consequência desse desenvolvimento, tendo e vista potencializar o ensino.

3 – REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) E O ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Com o intuito de descrever alguns recursos alternativos para o ensino de FMC no nível médio, é necessário caracterizar o que são as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), como tais ferramentas podem ser aplicadas ao ensino e como o uso dos vídeos educacionais, um dos focos desta pesquisa, pode fomentar a discussão sobre o tratamento da FMC em aplicações para sala de aula.

No cenário do ensino de FMC, nosso grupo de pesquisa tem investigado e atuado na área. Iniciado formalmente em 2012, o projeto de pesquisa “Ensino de Física Moderna e Contemporânea” tem por objetivo:

desenvolver métodos e alternativas para o ensino de FMC. Nosso objetivo é contribuir para a excelência da formação inicial e continuada de professores, tanto do ponto de vista da formação básica, quanto do desenvolvimento de materiais voltados ao ensino e à divulgação científica. O projeto também diz respeito ao uso e à avaliação de objetos educacionais e sequências didáticas utilizados em sala de aula, com ênfase no Ensino Médio e nas disciplinas de graduação (teóricas e experimentais) referentes à FMC. Atualmente, uma de nossas atividades principais é a produção de vídeos em língua portuguesa voltados ao ensino de FMC, incluindo temas e experimentos fundamentais, e a divulgação de atividades de pesquisa e temas avançados, relacionados à produção do conhecimento tal como se dá em laboratórios de pesquisa (BEZERRA JR, 2017).

Duas dissertações recentes a respeito das TIC e a FMC, Peres (2016) e Alberti (2016), foram publicadas em nosso programa de pós graduação. Tais trabalhos descrevem os levantamentos a respeito das publicações recentes nos principais eventos e periódicos, e destacam a crescente preocupação com estes temas. Além disso, são apresentadas propostas de ensino mediadas por TIC, uma delas consistindo na elaboração de um *e-book* sobre nanociência e nanotecnologia (ALBERTI, 2016) e a outra visando combinar a videoanálise e o software Tracker (outro tema de pesquisa do grupo) com experimentos de FMC (PERES, 2016). Porém, segundo os trabalhos citados, ainda é moderada a quantidade de publicações sobre a temática aqui discutida. Assim, a fim de evitar redundâncias, é sugerida uma leitura dos trabalhos, que estão disponíveis no repositório da UTFPR, e encontram-se referenciados ao fim desta dissertação.

Procurou-se elencar diversas limitações referentes aos processos de ensino de Física, mais especificamente com respeito aos temas de FMC. Diversos desses tópicos foram abordados no capítulo anterior, e já são bem conhecidos, catalogados e elencados por diversos autores e pesquisadores, conforme citado anteriormente. Para além disso, convém notar outra característica da realidade na qual estão inseridos alunos, professores e as escolas, como um todo. A realidade escolar já não é mais representada – apenas – por quadro negro, giz e livro didático. A presença da internet no cotidiano de discentes e docentes é notória e é, portanto, indispensável associar as necessidades e demandas na escola atual às mudanças daí decorrentes. Entende-se, assim, a importância das TIC enquanto instrumento de apoio ao ensino de FMC:

Neste aspecto, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas aulas de Ciências se fazem determinantes, não como panaceia, nem no sentido de substituir as aulas experimentais, mas pela mediação que proporciona aulas mais interativas e portadoras das múltiplas possibilidades pedagógicas [...] (BEZERRA JR *et al*, 2015, p. 822).

Uma justificativa para a incorporação das TIC, no contexto da FMC, é que as experiências relacionadas a esses conteúdos não são realizadas facilmente em qualquer laboratório. Destacando a realidade, já comentada neste trabalho, de que muitas escolas não dispõem de espaço apropriado para tal, as TIC podem ser utilizadas, dado que:

uma excelente forma de contornar este problema é através do uso de simulações computacionais que além de contribuir para uma atualização curricular também traz à luz uma discussão acerca da atualização dos mecanismos que podem ser utilizados para o ensino de Física (PIETROCOLA e BROCKINGTON, 2003, p. 1).

As vantagens relacionadas ao uso do computador e inserção desses recursos engatinham no que se refere a utilização em aulas, em especial, as aulas de Física. Diversas são as razões que podem ser apresentadas para justificar tal observação, dentre elas

por questões de infraestrutura das escolas, como também pela formação do professor (ALMEIDA, 2012), de modo que iniciativas que estimulem seu uso, articuladas com uma metodologia definida de ensino-aprendizagem, são mais que desejáveis no contexto da educação brasileira (BEZERRA JR *et al*, 2015, p. 822).

As TIC podem ser compreendidas como os recursos digitais utilizados para comunicação de maneira geral, e aqui serão apresentadas algumas alternativas de inserção desses recursos no ensino.

Dos recursos mais comuns, segundo Cardoso (2011), destacam-se:

- Simulação computacional: é capaz de permitir a interação do aluno com a ferramenta em questão, retratando um fenômeno ou situação particular.
- Animação computacional: não permite a interação e tem a finalidade apenas de retratar o fenômeno especificamente.
- Hipertexto: ferramenta que apresenta uma estrutura textual com a possibilidade de fazer links com outros temas associados ao tema central.
- Hipermídia: estrutura-se pelos mais diversos recursos em apenas um material, unindo a simulação, animação, hipertextos, vídeos, sons e torna-se a ferramenta completa na perspectiva das TIC.

Assim, um dos desafios que se apresenta ao professor é justamente incluir diversos destes elementos em suas aulas, de maneira articulada com o currículo e com a realidade específica da escola em que atua.

A necessidade de incorporar a tecnologia aos processos educacionais reflete-se na busca por estratégias mais adequadas para dialogar com os alunos explorando os recursos que eles dominem e pelos quais se interessem. Segundo Melo (2010) “Estudos recentes mostram que a utilização de novas tecnologias no ensino em geral, e em específico no ensino da física, tem contribuído de forma significativa, para a compreensão por parte dos alunos dos conteúdos físicos”

Já foi mencionado que a propagação das informações, das notícias e dos conhecimentos acontece de uma forma muito dinâmica, rápida e de fácil acesso. Também como consequência de tal fato, surge a necessidade do domínio de novas tecnologias. Portanto, o desafio contemporâneo do professor é encontrar recursos adequados para inserir, em sua prática pedagógica, as ferramentas tecnológicas disponíveis, com o objetivo de tornar as aulas mais interativas, atrativas e produtivas.

Assim sendo, é necessário que as discussões sobre a aplicação de tais recursos se intensifiquem e que novas propostas possam surgir, para fomentar as aulas e o espaço didático como um todo, valorizando o aluno e o principal objetivo da escola: a aprendizagem.

Outro aspecto importante, dado o domínio da tecnologia em nosso cotidiano e a importância desses recursos nos processos educativos, em todas as esferas, refere-se à democratização e ao acesso a tais meios. Segundo Martins e Garcia (2011):

[...] é importante perceber que ficará cada vez mais difícil viver em uma sociedade em que as tecnologias de informação e comunicação ocupam um espaço cada vez maior sem uma correspondente e efetiva democratização do acesso e inclusão digital (p. 2).

Neste sentido, entende-se que quando o professor se utiliza de recursos tecnológicos diversificados, oferece aos estudantes possibilidades mais abrangentes de interação com a tecnologia.

Aqui cabe compreender melhor o alcance proporcionado pelo termo TIC, para que não seja relacionado apenas à utilização do computador ou da internet (Martins e Garcia, 2011), mas que seja considerado em seu contexto mais geral e abrangente. Assim, a compreensão da nomenclatura “tecnologia” é necessária, num sentido que é mais vasto que apenas a redução aos equipamentos utilizados para gerenciar os recursos midiáticos disponíveis.

Ampliando o conceito de tecnologias estaremos ampliando o conceito de inclusão digital, numa perspectiva de participação ativa, da produção de cultura e conhecimento, o que implica vontade e ação política, um amplo programa de formação continuada dos professores, visto serem estes os agentes promotores de processos educativos capazes de dar à população a oportunidade de participação na dinâmica contemporânea como sujeitos críticos, criativos, éticos, autônomos e com poder de decisão e produção (BRITO, 2006 *apud* Martins e Garcia, 2011).

Porém, esta “inclusão digital” esbarra em alguns aspectos importantes, tais como os citados por Fernandes *et al* (2015) no que se refere à real disponibilidade de computadores, o que ainda não ocorre – ou não é disponível – em todas as escolas. Além disso, o autor cita a dificuldade dos professores em incorporar a utilização dos instrumentos tecnológicos como *smartphones* e *tablets*, por exemplo, porque muitos

docentes consideram apenas “os quadros digitais e o projetor conectado ao computador para a projeção de filmes” como tecnologias aceitáveis em sala de aula.

Desta forma, o maior obstáculo, segundo Fernandes *et al* (2015), está relacionado:

com a formação inicial e contínua do professor para a utilização das TICEs. Até há pouco tempo, as universidades não possuíam, nos seus currículos, disciplinas específicas sobre as bases teóricas e práticas para o uso de TICE. Com a inclusão do aparato tecnológico nas escolas pelas políticas públicas, os cursos de formação inicial têm dificuldade em se estruturar, cabendo às ações de formação contínua preparar os docentes para desenvolverem as suas práticas de ensino utilizando as TIC e seus recursos: quadros digitais, projetores, filmes, multimídias, animações, simulações, mundos e laboratórios virtuais etc. (FERNANDES *et al*, 2015, p. 936).

De acordo com Vieira (2003, apud Souza *et. al.* 2012, p. 2373) estudos demonstram que a utilização das novas TIC, como ferramenta, traz uma enorme contribuição para a prática escolar em qualquer nível de ensino. O uso de ferramentas tecnológicas justifica-se, sobretudo, quanto ao ensino de Física, através de sites com textos atuais, animações, vídeos ou simulações, pois segundo Medeiros e Medeiros (2002, p. 78) “a Física lida com materiais que, muitas vezes, estão fora do alcance e dos sentidos do ser humano, tais como partículas subatômicas, corpos com altas velocidades e processos dotados de grande complexidade”.

Assim, entende-se a pressão para que professores de Física, cada vez mais, recorram a recursos extras para auxiliarem na expansão da linguagem verbal e matemática, na busca por ferramentas visuais para auxiliar na mediação do conhecimento.

Outro aspecto a considerar, é o fato de que a Ciência é fundamentada também no processo experimental e destacando a dificuldade de reproduzir experimentos de Física Moderna nas escolas, tanto da rede pública quanto particular, que muitas vezes não tem nem laboratório de Ciências. Portanto, dado que os recursos e materiais necessários para o desenvolvimento de atividades experimentais de FMC costumam ter alto custo, então, o uso das TIC é de fundamental importância numa tentativa de aproximar e envolver o aluno à realidade deste contexto científico. Neste sentido, Ostermann e Moreira (2000, p. 29) justificam:

[...] A motivação para utilizar-se o computador no ensino deste tema, segundo os autores, centra-se na pouca tradição didática da área de FMC e carência de equipamentos e outros materiais instrucionais como, por exemplo, textos adequados. Os autores colocam que o uso do computador para o ensino de FMC justifica-se plenamente, pois, ao contrário de vários temas clássicos, diversas experiências de FMC não podem ser realizadas em “situação real de laboratório”.

O que é reforçado, por Yamamoto e Barbeta (2001), ao argumentarem que, “A utilização destes mundos virtuais, pode também ajudar a esclarecer aspectos, às vezes sutis, de um sistema físico” sendo pertinente seu uso no processo de estruturação cognitiva do estudante.

Outra fundamentação importante para compreender a função das TIC no contexto deste trabalho está relacionada à necessidade de utilizar livremente e fazer amplamente acessíveis as tecnologias usadas no ensino. Assim, o uso das TIC, de forma mais inclusiva, remete aos Recursos Educacionais Abertos (REA) tema central no contexto de suas aplicações em sala de aula, especialmente no cenário educacional brasileiro atual.

3.2 – RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS (REA)

São diversas as definições para o conceito de Recursos Educacionais Abertos (REA) e, segundo a página brasileira de REA, uma definição muito usada atualmente é:

“REA são materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições. O licenciamento aberto é construído no âmbito da estrutura existente dos direitos de propriedade intelectual, tais como se encontram definidos por convenções internacionais pertinentes, e respeita a autoria da obra (DECLARAÇÃO DE PARIS SOBRE RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS, 2012, Disponível em: <http://www.rea.net.br/site/>).

O termo original que é, em inglês, Open Educational Resources (OER) teve sua definição difundida pela UNESCO a partir de 2002 e seu significado consiste de “Materiais educacionais e de pesquisa, em vários formatos e mídias, que estejam em domínio público ou sob uma licença aberta” (SANTOS, 2012, p.81).

Ainda sobre as definições de REA,

[...] podem incluir desde livros didáticos e artigos acadêmicos até notas de aulas e cursos completos, além de software, vídeos, ferramentas, materiais ou técnicas que possam apoiar a aprendizagem e o acesso ao conhecimento (ARIMOTO, 2014, p. 1).

Os chamados REA tem ganhado destaque no que se refere à utilização de materiais alternativos para o ensino de maneira geral e destaca-se por sua característica principal de 'acesso aberto'. Desta forma as chamadas 4Rs, em sua versão original em inglês (*review, reuse, remix e redistribute*) retratam as autorizações concedidas aos usuários dos recursos. Segundo página REA.net.br, podem ser compreendidas como:

- **Usar:** compreende a liberdade de usar o original, ou a nova versão por você criada com base num outro REA, em uma variedade de contextos;
- **Aprimorar:** compreende a liberdade de adaptar e melhorar os REA para que melhor se adequem às suas necessidades;
- **Recombinar:** compreende a liberdade de combinar e fazer misturas e colagens de REA com outros REA para a produção de novos materiais;
- **Distribuir:** compreende a liberdade de fazer cópias e compartilhar o REA original e a versão por você criada com outros (RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS, 2017).

Outra justificativa para a utilização dos REA, bem como para os investimentos de pesquisa é destacado por Schneider, Caetano e Ribeiro (2012) *apud* Peres (2016) “A internet caracteriza-se pela multiplicidade de materiais e informações disponíveis. Além disso, o ritmo exponencial do seu crescimento não dá mostras de que irá se arrefecer.”

Os objetos educacionais (OE) que estão disponibilizados como REA tem surgido com as mais diversas finalidades e apenas cerca de 20% desses materiais produzidos são de áudio ou vídeo (ARIMOTO, 2014). Dentre as formas de utilização dos REA, Arimoto (2014) destaca que a maioria dos professores usa esses OE como material de apoio ou material extra.

Desta maneira, é justificável intensificar os estudos sobre a utilização dos REA no sentido de buscar novas estratégias de utilização desses materiais potencialmente significativos no processo de ensino aprendizagem.

3.3 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

3.3.1 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO A TEORIA DE AUSUBEL

A aprendizagem significativa (AS), segundo a teoria de David Ausubel, na interpretação de Moreira e Masini (1982, p.4) “significa organização e integração do material na estrutura cognitiva”.

A aprendizagem é considerada significativa quando há a capacidade de pautar uma nova informação ou conceito para que faça sentido para o aluno, conectando essa nova ideia, através de conceitos **subsunçores** (relacionados por conhecimentos prévios) que estão organizados na estrutura cognitiva do aluno. “Aprender de forma significativa é atribuir significado ao que é aprendido e relacioná-lo com o que já se sabe. (Ausubel, 1980 *apud* Tironi *et al*, 2013)

De acordo com Moreira e Masini (1982, p.7) “A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende”.

Para que a aprendizagem seja, de fato, significativa é necessário ter disposição para aprender. Este é um dos principais fatores para assimilação do conhecimento por parte do aluno, pois influencia em sua percepção em relação ao que é estudado. Além disso, o material utilizado durante o processo de aprendizagem deve ser articulável de maneira sintética e relacionar-se diretamente com a capacidade de compreensão e aprendizagem.

(...) aprendizagem significativa implica a aquisição de novos conceitos. Exige tanto uma disposição para aprendizagem significativa como a apresentação ao aluno de material potencialmente significativo. Esta última posição pressupõe, por sua vez, que o material de aprendizagem por si só pode ser relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada (que possua sentido lógico), de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e substantiva (não literal), e que novas informações podem ser relacionadas às ideias basicamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, *apud* CARDOSO, 2011, p.37).

A aprendizagem pode ser processada pelo aluno por descoberta ou por recepção. Conforme Moreira e Masini (1982) “na aprendizagem por recepção o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo

aprendiz”. Independente de qual a forma de aprendizagem será abordada com o aluno, essa aprendizagem só será significativa se o estudante relacionar o conceito aprendido (ou descoberto) com conceitos mais básicos presentes em sua estrutura cognitiva, através dos subsunçores.

A representação simbólica que Ausubel usa para descrever o processo de “subsunção” através de “princípio de assimilação”, pode ser modelada, segundo Moreira e Masini (1982, p. 16) por:

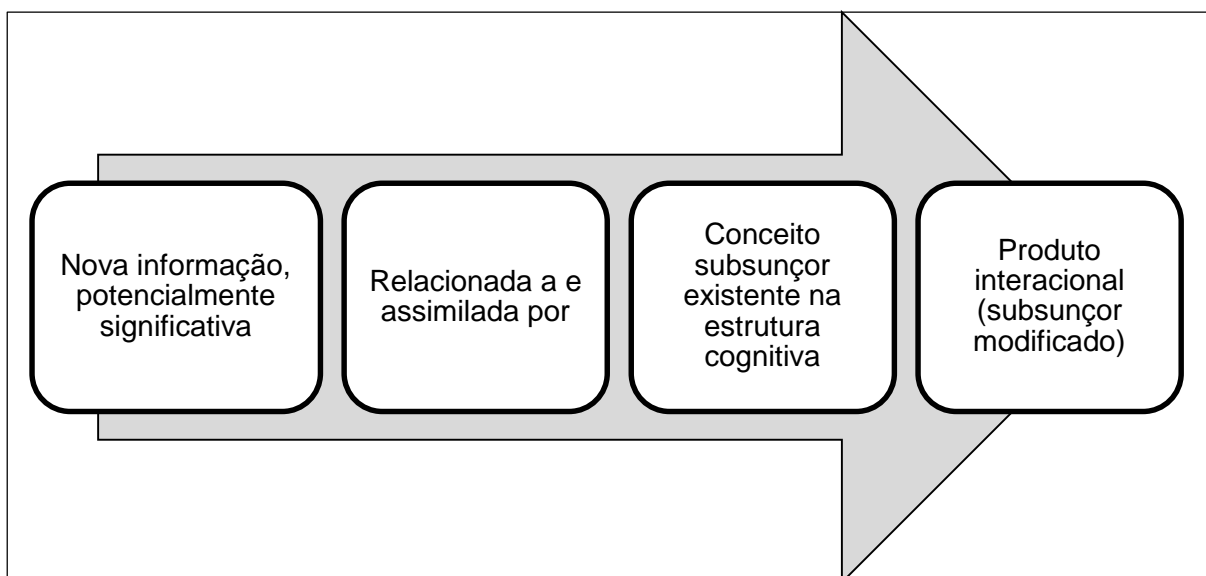


Figura 1: Esquema representativo do princípio da assimilação.
Fonte: MOREIRA; MASINI, 1982, p. 16. (Adaptado).

Além de estruturar a aquisição do conhecimento por recepção ou descoberta, o processo de aprendizagem também pode ser mecânico, segundo a teoria ausubeliana. Essa aprendizagem mecânica ocorre quando não há ligação direta com conceitos mais básicos presentes na estrutura cognitiva do aluno. Sendo assim, o discente não é capaz de relacionar o novo conceito com os conceitos subsunçores, menos complexos.

[...] a *aprendizagem mecânica (rote learning)* como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos (Moreira e Masini, 1982, p. 9).

Em geral, os conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno começam a aparecer a partir da aprendizagem mecânica, sempre que o conceito que está sendo introduzido é totalmente novo para o estudante. De acordo com Moreira e Masini (1982, p.10),

[...] a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados.

No processo da aprendizagem significativa, o nível de complexidade dos conceitos subsunçores adquiridos pelo aluno, vai aumentando à medida que o estudante vai se apropriando da aprendizagem significativa de novos conteúdos, e estes novos conceitos subsunçores são capazes de aportar novas informações cada vez mais complexas.

Para Ausubel, segundo Moreira e Masini (1982), uma estratégia importante é o uso de **organizadores prévios**, os quais podem servir para melhor preparar a estrutura cognitiva do aluno, com o objetivo de estimular os conceitos subsunçores já existentes, para que os novos conteúdos sejam aprendidos e se consolidem na composição cognitiva.

(...) manipular a estrutura cognitiva do aluno de tal maneira que o novo material possa ter algum significado para ele, ou seja, possa ser lógico. Os organizadores envolvem a utilização de materiais relevantes, inclusivos e introdutórios que são maximamente claros e estáveis (AZEVEDO, 2010, *apud* Cardoso, 2011, p. 39).

Dessa maneira, o principal objetivo do uso dos materiais chamados de organizadores prévios é relacionar o novo conceito formal com os conceitos prévios que se tem na estrutura cognitiva, facilitando a assimilação do conhecimento por parte do aluno. O material só pode ser considerado potencialmente significativo se apto a mobilizar subsunçores capazes de:

- a) identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- b) dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- c) prover elementos organizacionais inclusivos, que levem em consideração mais eficientemente e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material (p. 13).

Além disso, é importante destacar que, no contexto da teoria de Ausubel, considera-se que a aprendizagem é verdadeiramente significativa quando o aluno a retém por um longo tempo, associando o conceito aprendido com um novo subsunçor. Neste processo, conceitos cada vez mais complexos podem ser aprendidos, ou seja, incorporados à estrutura cognitiva de quem aprende.

Dessa maneira, a essência da teoria de Ausubel se apoia na utilização de conceitos prévios já estabelecidos em uma estrutura organizada em nível de inclusividade hierárquica relacionada aos conceitos a serem aprendidos. Os organizadores prévios, portanto, têm um papel fundamental na facilitação da aprendizagem, organizando e estruturando os subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos (CARDOSO, 2011, p. 41).

No contexto deste trabalho, não é objetivo central avaliar se a aprendizagem é mecânica ou significativa. Mesmo reconhecendo a importância de tais verificações, escolhemos focar na utilização dos materiais potencialmente significativos como organizadores prévios. Estes, por sua vez, atuam na estruturação de subsunçores capazes de auxiliarem o processo de ensino aprendizagem, no caso do presente trabalho, da FMC.

3.3.2 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

À luz da teoria da AS, uma das mais importantes limitações referentes à aquisição da aprendizagem significativa é a falta de organização das categorias da estrutura cognitiva do aprendiz, pois a desordem atrapalha a articulação entre o novo conceito e os conceitos subsunçores, o que dificulta ou mesmo impede a incorporação ou apropriação desse novo conhecimento.

No ensino FMC, a ausência de subsunçores – ou a não organização destes, conforme comentado por Tironi *et al* (2013), mostra-se como um problema em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, podem ser citadas

faltas de subsunçores e conhecimentos prévios, relacionados a conceitos referentes ao Efeito Fotoelétrico ou mesmo à estrutura atômica, que estariam inexoravelmente associados a resultados experimentais. Assim, a não familiaridade com esses resultados, prejudica a incorporação, a articulação e a apropriação dos novos conhecimentos. Isso se dá num contexto em que os temas e abordagens da FMC tendem a ser bastante distintos daqueles a que os estudantes estão expostos, em geral, nas aulas de Física, principalmente por conta da predominância dos conteúdos de Mecânica Clássica, por exemplo. É este “estranhamento” a que a FMC está associada que dificulta a mobilização dos subsunçores, os quais deveriam servir de base para ancorar a aprendizagem dos novos conteúdos e conceitos.

Portanto, no caso de ausência destes elementos fundamentais para concretização da aprendizagem significativa, segundo a teoria de Ausubel é que se insere a proposta da utilização dos organizadores prévios, para que:

sirvam de ancoradouro para o novo conhecimento elevem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente” (Moreira, 2009, p.14).

É desta forma que se evidencia a função dos organizadores prévios como os elementos de conexão entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa aprender. Estas reflexões sobre a relação entre a aprendizagem significativa, da teoria de Ausubel, e os conceitos distanciados da realidade do estudante, bem como a deficiência de subsunçores, serão fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Neste contexto, entende-se que, para fortalecer o ensino da FMC, o professor deva utilizar materiais potencialmente significativos na qualidade de organizadores prévios. Isto justifica a proposta deste trabalho que busca incorporar vídeos de FMC em sala de aula e organizar visitas a laboratórios didático e de pesquisa no ambiente de ensino superior. É assim que compreendermos a elaboração do produto deste mestrado profissional: incorporação de TIC (vídeos) a sequências didáticas em combinação com visitas a laboratório. Pretende-se que esta articulação inspire o uso e desenvolvimento de materiais potencialmente significativos. Certamente, o processo também funciona como uma tentativa de produção de intervenção inovadora no ensino de FMC.

No âmbito de trabalhos anteriores, ressaltamos o apresentado por Cardoso (2011), que busca meios de ensinar o Efeito Fotoelétrico utilizando simulações computacionais, num contexto em que a elaboração do roteiro de aula é inspirada pela Aprendizagem Significativa. Mais objetivamente:

Pressupõe-se que a exibição dos vídeos, leitura do texto e discussão do fenômeno com os aprendizes, proporcionarão aos alunos subsunções importantes para entender e utilizar a simulação computacional a ser apresentada, juntamente com o roteiro de atividades (CARDOSO, 2011, p. 57).

Assim, no trabalho é descrita uma elaboração de sequências didáticas, a partir da AS, para o ensino de FMC. Dentre outras estratégias discutidas pelo autor, é ressaltada a utilização de vídeos como materiais potencialmente significativos e aplicados como organizadores prévios no contexto de proporcionar aos estudantes os subsunções necessários para a aprendizagem do efeito fotoelétrico, especificamente.

3.3.3 – O CONTEXTO DO MESTRADO PROFISSIONAL

Desta forma, fica delineado o referencial teórico adotado neste trabalho, que se sustenta na importância do ensino de Física Moderna e Contemporânea no nível médio e na premissa de que o uso de TIC, inspirado pela teoria da Aprendizagem Significativa, pode servir de diretriz para a atuação docente em sala de aula. A propósito, note-se que esta atuação se dá no contexto de um mestrado profissional.

Portanto, cabe destacar que, na perspectiva do mestrado profissional, o caminho formativo do professor-pesquisador é baseado em disciplinas específicas ‘de conteúdo’, referentes às ciências, juntamente com disciplinas referentes à área de Ensino, incluindo os mais diversos campos e desdobramentos desta. Assim, compreende-se que “Não se trata de um enfoque conteudista apenas, mas de levar em conta que o profissional que ensina Ciências ou Matemática deve saber o que está ensinando e saber como ensinar esse conteúdo.” (MOREIRA; NARDI, 2009, p. 3).

Ainda segundo os mesmos autores:

O trabalho de conclusão e o produto educacional: ainda que se mantenha a nomenclatura de dissertação, a natureza do trabalho de conclusão do mestrado profissional é distinta da do acadêmico; trata-se do relato de uma experiência de implementação de estratégias ou produtos de natureza educacional, visando à melhoria do ensino em uma área específica de Ciências ou Matemática. O mestrando deve desenvolver, por exemplo, alguma nova estratégia de ensino, uma nova metodologia de ensino para determinados conteúdos, um aplicativo, um ambiente virtual, um texto; enfim, um processo ou produto de natureza educacional e implementá-lo em condições reais de sala de aula ou de espaços não formais ou informais de ensino, relatando os resultados dessa experiência (MOREIRA; NARDI, 2009, p. 4).

Ao aprofundar esta discussão, abordando mais especificamente o aspecto do produto e de sua inserção na realidade escolar, Ostermann e Rezende *apud* Schäfer, 2013, acrescentam que se deveria buscar:

[...] investir em produtos que não apenas contemplam a eficiência de um método de ensinar dado conteúdo, mas que envolvam uma reflexão sobre um problema educacional vivido pelo professor em uma dada realidade escolar e que levaria ao desenvolvimento de atividades curriculares alternativas (OSTERMANN; REZENDE *apud* SCHÄFER, 2013, p. 4).

Portanto, no caso da presente pesquisa, o “problema educacional vivido pelo professor” refere-se tanto à necessidade de ensinar conteúdos de FMC, no contexto interdisciplinar, conforme a metodologia da escola específica em que ocorreu o projeto, quanto a fazê-lo por meio das TIC, dada a realidade específica da ausência de laboratório naquela escola. Além disso, a trajetória do mestrado profissional e o contato com o grupo de pesquisa na UTFPR propiciaram a elaboração das “atividades curriculares alternativas”, combinando os elementos da pesquisa acadêmica e a intervenção em sala de aula.

No dia a dia da educação brasileira há, certamente, uma diversidade de intervenções e inovações metodológicas, incluindo, particularmente, o uso das TIC no ensino. Muitas desses trabalhos se perdem por falta de registro. Neste contexto, o diário de bordo irá construir um instrumento importante, porque facilita o registro das atividades, permitindo refletir sobre a prática e favorecendo uma tomada de consciência, por parte do professor, sobre seu processo de trabalho em sala de aula e seus modelos de referência.

Na sequência, são apresentados os elementos específicos do projeto desenvolvido, bem como são delineados seus aspectos metodológicos.

4 – USO DE VÍDEOS E VISITAS A LABORATÓRIOS: PROPOSTA E ASPECTOS METODOLÓGICOS

Do ponto de vista metodológico, busca-se justificar a opção pelo uso de vídeos nas aulas com experimentos de FMC, assim como relacionar a visita aos laboratórios no contexto apresentado até o momento. Em seguida, explica-se as bases da elaboração das sequências didáticas e do produto deste mestrado profissional, bem como as estratégias para verificação dos efeitos obtidos em todos os participantes do processo. Para isso, este capítulo estrutura-se em torno dos seguintes pontos:

- Discorrer a respeito do contexto de produção dos vídeos e de como os vídeos foram feitos;
- Explicitar as estratégias de como os vídeos foram utilizados em sala de aula;
- Expor o projeto de visitas aos laboratórios da UTFPR
- Expor a elaboração dos instrumentos utilizados: questionários e diário de campo;
- Discutir efeitos da utilização de vídeos na sala de aula;

4.1 – HISTÓRIA DOS VÍDEOS E DO PORTAL CIÊNCIA CURIOSA

A portal de divulgação Ciência Curiosa teve início despretensioso como um canal de divulgação científica no *Youtube*, em 2010, ainda no modelo de divulgação de vídeos reconhecido na época: o *'vloger'*. A partir de 2013 toma um caráter formal, quando o administrador, então mestrando no PPGFCET, faz uso deste portal para divulgar assuntos mais elaborados, enfatizando temas mais diversificados pertinentes à Ciência e estabelecendo várias pontes com e a partir da UTFPR (Conceição, 2014). Assim, um dos desdobramentos do portal Ciência Curiosa foi justamente a produção de vídeos baseados em temas da FMC. Esta produção de vídeos insere-se em um Projeto de Pesquisa mais amplo voltado ao Ensino de Física Moderna e Contemporânea:

O projeto também diz respeito ao uso e à avaliação de objetos educacionais e sequências didáticas utilizados em sala de aula, com ênfase no Ensino Médio e nas disciplinas de graduação (teóricas e experimentais) referentes à FMC. Atualmente, uma de nossas atividades principais é a produção de vídeos em língua portuguesa voltados ao ensino de FMC, incluindo temas e experimentos fundamentais, e a divulgação de atividades de pesquisa e temas avançados (BEZERRA JR, 2017).

A produção de vídeos, de fato, é a ideia central e o objetivo principal do portal Ciência Curiosa, apesar de, atualmente, o portal conter uma diversificação de formas de divulgação científica, como textos, infográficos, fotografias e etc. Para a produção de cada vídeo, três etapas são consideradas, ainda quando em fase de planejamento:

Pré-produção: esta etapa consiste em termos gerais no planejamento do material a ser produzido. Para o objetivo aqui proposto foi criado, para cada vídeo, um roteiro com o conteúdo a ser discutido, delimitando onde e quais seriam as intervenções a serem realizadas ao longo. Para cada área do conhecimento um profissional da área foi consultado para atestar a validade das informações.

Produção: nesta etapa são realizadas as gravações, ou filmagens, propriamente ditas.

Pós-produção: aqui os fragmentos filmados são colocados em ordem, seguindo o que já foi estabelecido no roteiro inicial, de forma a adotarem uma sequência lógica e organizada (CONCEIÇÃO, 2014, p. 70).

Para elaboração dos vídeos, segundo Conceição (2014), as categorias criadas foram:

- Experimentos;
- Ciência em Campo;
- Tutoriais;
- Ciência com Pipoca;
- Clube do Livro;
- Eu Sustentável;
- Ciência em Cores.

Importa salientar que todo o material do Ciência Curiosa está disponível a partir de uma licença *Creative Commons*³ que permite a utilização e compartilhamento livre do conteúdo, mantendo-se, contudo, a autoria e vetando-se a utilização comercial dos objetos produzidos. Trata-se da modalidade atribuição uso não comercial (CC-BY-NC). É importante destacar que os vídeos produzidos, além de presentes no portal, também estão disponíveis livremente no *Youtube*.

No contexto desta dissertação, os vídeos utilizados como ferramentas de ensino e que foram incorporados às sequências didáticas apresentadas às turmas de ensino médio são aqueles classificados a partir da categoria 'Ciência em Campo'.

Quanto à estrutura desses vídeos desenvolvidos para o portal, podemos perceber uma lógica sequencial: "introdução, exposição dos materiais necessários para a realização do experimento, demonstração do fenômeno e posteriormente uma explicação acerca do que foi observado" (CONCEIÇÃO, 2014). A ideia central da estrutura dos vídeos é apresentar um conceito científico através de um experimento que além de exibir este conceito científico importante, também permite a aproximação com um ambiente diferenciado, com o intuito de motivar o estudante a interagir com os conteúdos (CONCEIÇÃO, 2014). Neste contexto, os vídeos proporcionam a exposição de um conceito científico, o seu contexto histórico associado à teoria, o desenvolvimento do experimento com a utilização de aparatos adequados, a associação com as teorias e as formulações matemáticas e aplicações tecnológicas para o conceito científico explorado.

Tendo em vista os objetivos deste mestrado profissional, com vistas à utilização de TIC no ensino de FMC, buscou-se selecionar alguns vídeos específicos disponíveis no Ciência Curiosa e que serviriam de base para a elaboração de sequências didáticas a serem utilizadas em sala de aula. Estes vídeos, no contexto do presente trabalho, fariam as vezes de organizadores prévios, segundo bases da teoria da Aprendizagem Significativa, conforme discutido no capítulo 3.

³ *Creative Commons* é uma organização, sem fins lucrativos, que que permite o compartilhamento e uso da criatividade e do conhecimento através de instrumentos jurídicos gratuitos. Desenvolve, apoia e administra uma infraestrutura jurídica e técnica que maximiza a criatividade digital, o compartilhamento e a inovação. Disponível em: <<https://br.creativecommons.org/sobre/>>. Acesso em: 4 ago. 2017.

4.2 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA EM SALA DE AULA

Um ponto central deste trabalho foi o desenvolvimento e uso de sequências didáticas. Em resumo, o projeto compreendeu a aplicação de três vídeos de FMC produzidos e divulgados pelo portal Ciência Curiosa.

Os três temas escolhidos para aplicação da sequência didática foram:

- Linhas espectrais
- Experimento de Millikan
- Efeito Fotoelétrico

Os temas abordados neste trabalho mostram-se de extrema importância por se tratar de tópicos relevantes para o estudo da FMC. Parte-se do pressuposto que o “ator principal” dos estudos envolvidos nas sequências didáticas abordadas seja o elétron e algumas de suas propriedades e comportamentos. De fato, o elétron é um elemento de destaque, comum aos três experimentos escolhidos e trabalhados com os alunos em sala de aula. No caso das linhas espectrais são os saltos quânticos protagonizados pelos elétrons que estão associados às linhas espectrais (e os fótons) emitidas; no Experimento de Millikan, a ideia mesma da existência do elétron e de sua carga, que é quantizada, são conceitos fundamentais; e igualmente fundamental é a interação entre luz (fótons) e matéria (no caso, os elétrons ejetados ou não) que ocorre no Efeito Fotoelétrico. Note-se ainda que, nas visitas realizadas ao laboratório de Física Moderna da UTFPR, os estudantes tiveram uma oportunidade de observar a difração de elétrons num dos experimentos realizados.

A escolha dos temas para utilização dos vídeos e elaboração das sequências didáticas ocorreu num processo conjunto com os estudantes. Ao receberem a proposta de trabalhar com temas de FMC, eles foram incentivados a refletir e fazer uma rápida pesquisa sobre temas relevantes associados a esse ramo do conhecimento. Assim, o tema que apareceu de forma recorrente na sala foi o efeito fotoelétrico. Os outros experimentos, foram escolhidos por seu caráter visual e por tratarem (direta ou indiretamente) do elétron.

Os encontros foram realizados no colégio SESI Afonso Pena, em São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba, com duas turmas de ensino médio,

interseriadas, no turno da tarde, com estudantes de ambos os sexos e da faixa etária entre 14 e 17 anos.

Os Colégios SESI/PR adotam uma metodologia de ensino diferenciada, baseada na metodologia de projetos. São as chamadas “Oficinas”, que ocorrem de forma bimestral e, que estabelecem a cognição para as diversas áreas do conhecimento a partir de um “desafio” proposto. Este desafio funciona como um ponto de partida para a Oficina em questão e em torno dele são organizadas as atividades das diversas disciplinas curriculares.

Os conteúdos devem ser ensinados de forma integrada e o objetivo final é usar dos conhecimentos formalizados ao longo do bimestre para responder ao desafio proposto. A organização dos alunos se dá em equipes, geralmente de cinco alunos, mista em gênero e interseriadas, ou seja, “educandos de séries diferentes, mas do mesmo nível de ensino da Educação Básica, podem estar na mesma sala, nas mesmas equipes, estudando os conteúdos previstos para aquela Oficina.” (ESPANHOL, 2017). Os estudantes também são estimulados a desenvolver competências e habilidades cognitivas e relacionais a partir de situações problemas que exigem integração dos membros da equipe (CIRCULAR INTERNA - SESI, 2017)

No contexto das Oficinas de Aprendizagem, o professor não tem o papel de detentor do conhecimento, ou seja, “o professor deixa de transmitir conhecimento e passa a ser um mediador a favor do aprendizado, tratando os alunos como responsáveis pelo seu próprio processo educativo” (ESPANHOL, 2017).

Durante o bimestre, os estudantes devem trabalhar com suas equipes, e o professor mediador deve estimular a aprendizagem a partir de pesquisas, análises de situações problemas, aulas de campo, discussões sobre vídeos, dentre outras, de forma que os alunos argumentem sobre as questões levantadas, compartilhando os conteúdos e materiais de cada etapa do processo de ensino.

Estas oficinas de ensino devem ser concluídas ao fim do bimestre, ou seja, os alunos devem apresentar (socializar) uma resposta ao desafio proposto, fazendo uso dos conhecimentos específicos de cada disciplina para construir tal resposta. Ao fim do bimestre e, conseqüentemente da oficina, os estudantes escolhem novas oficinas e formam novas equipes. Ao todo, durante o ano, eles devem estudar em quatro oficinas (turmas) diferentes, em cada uma delas devem formar a sua equipe

de trabalho. Assim, ao fim do Ensino Médio, os estudantes devem ter passado por 12 oficinas e 12 equipes, preferencialmente com colegas diferentes em cada uma delas.

A Oficina de Ensino para a qual a atividade escolhida neste projeto foi aplicada teve o tema “Revolução e Paz” e seu desafio foi baseado na seguinte questão problema: “Os grandes conflitos mundiais resultaram na banalização da existência humana. E a interrupção abrupta da vida passou a ser uma experiência diária. Se, por um lado, a guerra existe, por outro, a luta pela vida e pela paz tem sido uma intensa busca nos mais diversos âmbitos sociais. Refletindo sobre essas questões, quais as estratégias mais sensatas para conter as guerras e conflitos humanos do cotidiano?”. Ressalta-se que, de acordo com as diretrizes da escola, os professores de cada disciplina devem organizar suas aulas em função do desafio proposto, a fim de que no fim do bimestre o seu conteúdo possa auxiliar na construção de uma resposta articulada para a situação proposta.

Seguindo a metodologia da escola, a professora, que também é autora da presente dissertação, no início do bimestre, orientou os alunos a fazerem alguns levantamentos de assuntos interessantes que gostariam de aprender sobre FMC, e nesta perspectiva os temas escolhidos deveriam contemplar suas preferências e estarem relacionados entre si.

As aulas ministradas foram para a disciplina de Ciências Aplicadas, que no contexto desta escola tem o objetivo de estimular o aluno quanto à “preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, seu aprimoramento como pessoa e a compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando teoria e prática” (CIRCULAR INTERNA - SESI, 2017). Seu objetivo geral no que diz respeito ao conteúdo, no contexto da oficina, foi:

- Estudos sobre as grandezas físicas e sua importância para o desenvolvimento do estudo das Ciências.
- Estudos sobre experimentos de grande importância para a Ciência Moderna.

Houve três momentos distintos para aplicação da sequência didática, produto final desta dissertação, a partir da utilização dos vídeos do Ciência Curiosa⁴, que podem ser resumidos conforme descrição a seguir:

⁴ Os vídeos utilizados estão disponíveis nos seguintes endereços eletrônicos:

✓ Aula 1 (100 min) – Linhas espectrais

Aula expositiva sobre a evolução dos modelos atômicos, contextos históricos e considerações importantes sobre cada modelo exposto. Ressalva para a importância do modelo atômico de Rutherford-Bohr, o conceito de espectro luminoso, os saltos quânticos e a constatação de espectro de absorção e emissão para diferentes átomos.

O vídeo foi utilizado como recurso para complementação da aula. Os alunos assistiram ao vídeo, integralmente, após a aula expositiva sobre os modelos atômicos, conforme apêndice B.

Como parte integrante da aula, as equipes fizeram o levantamento de termos, conceitos ou curiosidades sobre os assuntos tratados no vídeo que foram retomados ao fim da aula.

✓ Aula 2 (100 min) – Experimento de Millikan

Aula realizada no laboratório de informática, onde cada aluno teve como parte da atividade, o dever de assistir ao vídeo do experimento de Millikan disponível no *Youtube* por meio do portal Ciência Curiosa e usar o computador para expandir a pesquisa sobre o tema, elaborando uma sequência de questões que fosse capaz de ressaltar os aspectos mais importantes abordados no vídeo e em suas pesquisas.

Para esta aula não houve intervenção expositiva por parte da professora, pois optou-se por uma mediação feita de forma direcionada, particularmente nas equipes com os alunos enquanto realizavam suas observações.

Como fechamento da aula, os alunos discutiram com as equipes os aspectos mais relevantes do experimento apresentado e compartilharam suas questões e resultados das pesquisas com as outras equipes da turma, sob orientação da professora.

- Experimento das Linhas espectrais: <<https://www.youtube.com/watch?v=mirlcqCEceM>>.
- Experimento de Millikan: <https://www.youtube.com/watch?v=Fk_ZQQsAkSo>.
- Experimento do Efeito Fotoelétrico: <https://www.youtube.com/watch?v=_vBBpcJofj0>.
Acesso em: 30 maio 2017.

✓ Aula 3 (100 min) – Efeito Fotoelétrico

Aula expositiva sobre o tema Efeito Fotoelétrico e células fotovoltaicas. O vídeo, neste contexto, foi utilizado apenas parcialmente. Enquanto as etapas do experimento do Efeito Fotoelétrico eram abordadas, o vídeo servia como referência para ilustrar os aparatos utilizados. Alguns momentos do vídeo foram enfatizados, especialmente, a montagem e apresentação dos materiais utilizados na experiência no laboratório e para associar a concretização do efeito em si através dos dados obtidos e demonstrados no vídeo.

Durante a realização das aulas, os alunos foram estimulados a participar com perguntas, questionamentos, observações e comentários, tanto individualmente quanto em suas equipes.

Como fechamento e aplicação de conceitos sobre o efeito fotoelétrico, foi utilizado um simulador no laboratório de informática, para que os alunos manipulassem o objeto de aprendizagem num contexto a aproximar ao manuseio do experimento. O simulador escolhido foi o do programa PHET® *Interactive Simulations*⁵. O simulador utilizado está disponível no link <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric>. Neste caso, retomando o conceito de subsunçores e de ancoragem do conhecimento, a professora, tendo em vista sua experiência em sala de aula, entendeu ser importante apresentar mais um elemento (no caso, mais uma TIC) que permitisse aos estudantes uma “aproximação” com o tema. O simulador pode ser considerado, portanto, um material potencialmente significativo e, no contexto das aulas, serviu também de organizador prévio.

Para cada uma das aulas realizadas com a utilização dos vídeos, foram abordados um planejamento e uma estratégia diversificada. O objetivo era avaliar, ao fim do processo, se as diferentes formas poderiam causar diferentes perspectivas de interação com o material e, para avaliar esse quesito, foi aplicado um questionário pós participação nas aulas. Este questionário é apresentado no apêndice C.

⁵ PHET® Interactive Simulations: Trata-se de simulações da Universidade de Colorado Boulder, que cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As simulações disponíveis em <<http://phet.colorado.edu>> são recursos educacionais abertos disponíveis sob licença Creative Commons Attribution (CC-BY). Disponível em < https://phet.colorado.edu/pt_BR/licensing>. Acesso em: 4 ago. 2017.

4.3 – VISITA AOS LABORATÓRIOS DA UTFPR

A construção da aprendizagem significativa, por meio da troca de experiências, permite a aquisição de grande quantidade de informações em um curto período de tempo. Também, este processo de aprendizagem acontece de forma natural e descontraída (POZENATO *et al*, 2016, p. 245).

Assim inicia-se aqui o relato a respeito da visita realizada aos laboratórios da UTFPR. Ao longo do processo de desenvolvimento desta pesquisa, tomou-se a iniciativa de elaborar tais visitas ao laboratório didático da UTFPR, com o intuito de receber os alunos de ensino médio que estudavam tópicos de FMC, de modo a contemplar os conceitos abordados em sala de aula e ir além.

São diversos os fatores que justificam a visita aos laboratórios, dentre os quais, se destaca o fato de os alunos, neste caso, não terem disponível se quer um laboratório básico de ciências em sua escola e, portanto, dificilmente teriam contato com tais experimentos.

O modelo da visita evoluiu ao longo de seu planejamento, pois representou uma oportunidade inovadora de receber os alunos de ensino médio na UTFPR. Com isso, aponta-se a conveniência de integrar o conhecimento entre a escola e a universidade. Neste sentido, além da visita específica ao laboratório didático, foi também incluída no projeto a visita ao laboratório de pesquisa Fotonanobio (<http://fotonanobio.ct.utfpr.edu.br/>). Trata-se de laboratório voltado a pesquisa que envolve elementos associados à FMC (o laboratório dispõe de lasers e equipamentos de medida tais como espectrômetros, além de ter como linha principal a produção de nanopartículas) e, por isso, entende-se que poderia servir de estímulo aos estudantes e elemento complementar ao projeto de uso dos vídeos. Neste contexto, foi-se além de meramente elencar situações que dificultam o processo de ensino-aprendizagem de Física, particularmente a FMC, no Ensino Médio e de testar soluções prontas.

Assim, a proposta desenvolvida neste mestrado profissional também apresenta uma tentativa de promover uma interação direta entre escola e universidade, com o espaço, pessoas, materiais e recursos e, portanto, desponta

como uma alternativa original, que articula teoria e prática, fruto do ambiente ímpar de estudo e pesquisa que vigora no mestrado profissional (MARQUES, 2016)

No aspecto que tange a popularização dos conceitos científicos é essencial que os estudantes e a sociedade, de forma geral, tenham acesso ao conhecimento produzido de maneira mais abrangente, a fim de aproxima-los dos feitos dos laboratórios e dos cientistas, principalmente quando o desenvolvimento dessas pesquisas científicas é financiado por verbas de instituições públicas, como é o caso das pesquisas realizadas em ambientes da UTFPR, por profissionais que respondem ao governo federal.

Neste caso, um elemento interessante diz respeito a desmistificar a ideia de uma “ciência distante”, feita por cientistas encastelados. Daí a importância potencial da visita a laboratórios localizados na cidade em que os estudantes vivem. De fato, pode-se assim articular conteúdos curriculares de maneira mais contextualizada, num exemplo concreto de como estabelecer interação entre escola e universidade. Segundo Sievers *et al* (2013, p. 3):

Assim, buscamos contribuir para que a educação básica forme pessoas com as devidas capacidades de interpretação científica dos fatos naturais e, também, com o entendimento de como funcionam equipamentos, procedimentos técnicos e tecnologias utilizadas pela sociedade. Seria interessante que exemplos como este se tornassem uma realidade mais comum no ensino de ciências em nosso país.

A Divulgação Científica (DC) só faz sentido e auxilia no processo de alfabetização científica quando a linguagem utilizada para descrever fenômenos relevantes da Ciência é acessível e objetiva. Conforme Watanabe e Kawamura (2015), esse processo de exposição de conceitos pode ocorrer em espaços informais de ensino, como museus ou centros de Ciências, onde o *papel social* desse procedimento é desempenhado com satisfação. O que é reforçado, no contexto da aprendizagem significativa, por Pozenato *et al* (2016, p. 245):

As escolas, exemplos clássicos de espaços de educação formal, possuem função importante na alfabetização dos cidadãos. Na busca de melhoria da eficiência deste processo, é frequente a busca de parcerias com outros espaços de ensino, como os de educação não formal, onde encontram-se informações e recursos didáticos variados.

O que fortalece a justificativa para a combinação escola/universidade. Segundo Watanabe e Kawamura (2015, p. 209),

Ainda que tal relação seja pensada de forma a não corresponder a uma visão tradicional do conhecimento, representada nas dimensões curriculares ou nos aspectos burocráticos que envolvem a escola, a relação com o saber adquirido em museus ou ações de divulgação científica (feiras, parques, exposições, etc.), possui, de qualquer forma, um viés educacional, sob o ponto de vista de sua capacidade em promover novos conhecimentos e reflexões críticas (como na educação formal).

Por outro lado, a DC tem o objetivo de cumprir seu *papel educacional*, o que pode ocorrer em espaços formais de ensino e considerar os aspectos de apropriação do conhecimento científico.

A apropriação de conceitos científicos pode ocorrer, de maneira inovadora, a partir de atividades que promovam uma integração de atores e de espaços: por exemplo, quando professores e estudantes da escola básica deslocam-se para o espaço da universidade a fim de realizar encontros com cientistas e visitas a laboratórios didático ou de pesquisa. Neste sentido, mesmo que o espaço físico do laboratório, do ponto de vista “geográfico” tenha caráter informal (no sentido de não estar contido na escola), ainda assim a participação de professores e alunos e conseguinte “apropriação” deste espaço pode se dar no contexto da educação formal, por exemplo, servindo de inspiração, de ilustração e de extensão dos conceitos, conteúdos e ideias trabalhados na escola e vinculados ao currículo.

As visitas a laboratórios permitem aos estudantes uma aproximação com um ambiente onde a ciência “é feita” por meio de experimentos, evidenciando aspectos importantes do fazer experimental. A propósito, atualmente, há consenso na comunidade de Ensino sobre a importância da realização de atividades experimentais, com ênfase naquelas que evidenciam o engajamento e a reflexão dos estudantes (Heidemann *et al*, 2016). Portanto, o ensino de Física pode e deve ser associado ao uso da experimentação para que o êxito na assimilação de seus conhecimentos seja completo. Conforme destaca-se nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN +):

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento

científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, 2002, p.37).

Desta forma, é inquestionável a importância de estudantes estarem em contato com todas as etapas da construção do conhecimento, seja no processo teórico e construção histórica da Ciência em questão, quanto no que se refere aos procedimentos experimentais do ensino de Física, justificando assim a etapa descrita nesta fase da dissertação, ou seja, buscar aproximar os estudantes de laboratórios de pesquisa, ao mesmo tempo em que lhes é dada também a chance de realizar atividades experimentais em laboratórios didáticos mais avançados.

Com base no cenário exposto, é imprescindível a busca por estratégias de Divulgação Científica envolvendo os laboratórios de pesquisa e o ensino básico. Assim, é necessário propor ações para a ampliação de espaços formais de ensino a alunos do ensino médio, em especial, estimulando o contato entre estes e os cientistas.

Do ponto de vista metodológico, esta etapa da pesquisa dividiu-se em duas partes:

- 1º – a organização das visitas
- 2º – a análise de efeito das visitas nas perspectivas de todos os envolvidos no processo – estudantes, professores de ensino médio e professores/pesquisadores da universidade.

No que corresponde à organização das visitas, destacam-se os aspectos referentes à escolha dos temas abordados e suas inter-relações com os conteúdos trabalhados em sala de aula, à dinâmica da utilização dos laboratórios por parte dos estudantes e às linguagens utilizadas na comunicação entre pesquisadores, professores e estudantes.

Para a análise do efeito das visitas a partir da perspectiva dos estudantes, optou-se por realizar questionários, que os estudantes responderam antes e depois da ocorrência das atividades propostas. No que diz respeito aos efeitos sobre professores e pesquisadores, o mecanismo proposto foi a elaboração de um diário de campo sobre as visitas para ser analisado posteriormente.

Esta etapa de aplicação do projeto de mestrado relatado nesta dissertação tem por objetivo descrever visitas realizadas no laboratório didático de Física Moderna

e Contemporânea e no laboratório de Pesquisa Fotonanobio da UTFPR, feitas no segundo semestre de 2015. O objetivo geral era a aproximação dos alunos de uma escola de Ensino Médio à realidade de atividades desenvolvidas em ambiente de Ensino Superior, incluindo tanto laboratórios didáticos quanto de pesquisa.

A realização de tal atividade promoveu a interação entre professores pesquisadores da universidade, estudantes de mestrado, professores da escola básica e estudantes do 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio do Colégio SESI Afonso Pena. As atividades ocorreram nos laboratórios da universidade e, como objetivos específicos, pode-se considerar que a visita apontava:

- Realizar atividades práticas relacionadas a temas de Física Moderna e Contemporânea, possibilitando aos alunos a manipulação de equipamentos avançados e conhecer um laboratório didático;
- Aproximar os alunos do real trabalho científico praticado em laboratórios de pesquisa nas Universidades;
- Contextualizar e humanizar a Ciência, o trabalho do cientista e quebrar estereótipos sobre o perfil para a vivência na Ciência, incentivando o interesse pela vida acadêmica e a inserção em profissões relacionadas à Ciência;
- Colocar aos pesquisadores a problemática da construção de linguagens para a divulgação científica direcionada ao público de estudantes de Ensino Médio.

O planejamento para a visita contou com a prática de dois experimentos (Experiência de Millikan e Difração de Elétrons) realizados no laboratório didático, além da visita ao laboratório de pesquisa atuante na área de Nanobiotecnologia. No caso do laboratório didático, foram escolhidos assuntos relacionados aos elétrons, a fim de haver correspondência e integração com o trabalho das sequências didáticas, conforme descrito na seção 4.2. Note-se que o público participante das visitas foi mais amplo que aquele foco para a aplicação das sequências didáticas baseadas nos vídeos de FMC.

Os alunos foram, inicialmente, recebidos por professores do departamento de Física em uma sala da graduação onde os professores expuseram sua visão sobre o papel da Universidade na vida da sociedade. Em seguida, os alunos foram separados em três grupos e foram direcionados para as atividades planejadas. Cada

grupo teve, em média, uma hora para realizar cada atividade em questão. Todos os grupos passaram por todas as atividades.

O processo como um todo durou cerca de 5 horas, considerando o período de deslocamento (de ônibus reservado para este fim) entre escola e universidade. Dois grupos manipularam os experimentos orientados por dois mestrandos (participantes do grupo de pesquisa e vinculados ao PPGFCET) e professores do ensino médio, enquanto o terceiro grupo visitou o laboratório de pesquisa sob orientação dos dois professores pesquisadores responsáveis, em esquema de rodízio. Dois estudantes de iniciação científica vinculados ao grupo de pesquisa também colaboraram com a organização e acompanhamento das equipes de secundaristas.

Para examinar os efeitos da visita aos laboratórios, uma análise detalhada dos questionários será apresentada e discutida em outro capítulo desta dissertação, juntamente como a análise dos diários de campo dos professores e pesquisadores.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem o objetivo de apresentar as diversas perspectivas, na visão dos alunos que participaram do projeto proposto nesta pesquisa. Além disso, serão abordados os aspectos mais relevantes observados pela professora aplicadora do projeto. Para tal análise, foram elaborados questionários para os alunos e também foi elaborado um diário de bordo, pela professora, tanto para aplicação dos vídeos em sala de aula quanto para as visitas no laboratório de FMC da UTFPR, a fim de relatar as ocorrências relevantes, discussões, questionamentos, comentários e contribuições registradas que podem compor essa discussão. Desta forma, uma análise individualizada e detalhada será discutida a seguir, baseada nos relatos dos diários de bordo e nos questionários pré e pós-aplicação das atividades, conforme a proposta.

5.1 – AS AULAS DE FMC COM A UTILIZAÇÃO DOS VÍDEOS

Durante a realização das aulas com a utilização dos vídeos, foram registrados os diálogos e as interações relevantes ocorridas durante o processo no diário de bordo e, nesta etapa da pesquisa, foi realizado apenas um questionário ao fim das atividades, com o objetivo de analisar as percepções dos alunos sobre as estratégias de utilização dos vídeos como referências para as experiências de FMC.

As questões elaboradas para a análise das percepções sobre a utilização dos vídeos levaram em consideração a interação dos alunos com a atividade e as observações de satisfação ou insatisfação relacionadas às estratégias escolhidas para apresentação do experimento estudado. Para cada aula foram lançadas três questões sobre os vídeos, além de exercícios sobre os conteúdos desenvolvidos ao longo dos encontros, sem objetivo de atribuição de nota aos alunos.

A atividade completa foi elaborada por questões abertas que contemplavam a reação frente às impressões dos vídeos com o objetivo de os estudantes demonstrarem sua reação perante a experiência e relatar dados importantes para a pesquisa. Quanto às questões sobre os conteúdos específicos abordados nos encontros, foram elaboradas questões abertas e de simples escolha com a finalidade de regular a interpretação dos conceitos a partir da metodologia apresentada nas aulas.

As sequências didáticas foram aplicadas para um grupo de, aproximadamente, 30 alunos. Como todo o processo durou três semanas, alguns alunos não puderam participar de todos os momentos. Os questionários finais foram respondidos voluntariamente por – apenas – 16 alunos, através de um formulário online. Uma observação importante a ser considerada em relação ao número de respondentes, quando comparado ao número de participantes do processo, é que a atividade foi realizada no 4º bimestre e que, nesta fase, muitos alunos se ausentam das aulas nas etapas finais visto que já estavam “aprovados”, ou seja, no caso, deixaram de realizar algumas atividades.

A seguir, a discussão será focada na análise dos comentários dos estudantes sobre suas percepções a partir da utilização dos vídeos no contexto das práticas demonstradas. Para manter o sigilo sobre suas identidades, os estudantes serão identificados pelos símbolos entre A 1 até A 16. As questões sobre as percepções dos estudantes a respeito dos vídeos são padrões e podem ser encontrados no apêndice desta dissertação.

Num contexto geral, estão relacionadas a:

1. Percepção da utilização do vídeo no contexto do fenômeno.
2. Apontamento dos aspectos positivos e negativos de cada vídeo.
3. Uma reflexão sobre o conteúdo abordado em cada encontro e o aproveitamento obtido.

As questões propostas para os três momentos buscavam reconhecer a importância dos vídeos como estratégia de ensino e abriam espaço para que os educandos expressassem suas opiniões tanto sobre os vídeos, levantando os aspectos positivos e negativos sobre os mesmos, quanto sobre os conteúdos abordados, expressando o nível de interesse pelos temas. A análise feita a seguir considera todos os aspectos relevantes dos questionários, bem como relaciona também o diário de campo da professora referente ao andamento de cada encontro.

5. 1. 1 – Aula 1 – Experimento das linhas espectrais.

A aula teve início com uma apresentação de slides sobre a Evolução dos Modelos Atômicos, a fim de que o modelo do átomo de Rutherford-Bohr,

possivelmente abordado em outros momentos, pudesse servir de suporte (aqui se está a pensar no conceito de subsunçor) para a aprendizagem de um novo conceito ancorado em conhecimentos prévios dos estudantes, conforme Moreira e Masini (1982) a fim de que a aprendizagem significativa pudesse ser buscada.

Ao final da apresentação dos modelos atômicos, o vídeo do portal Ciência Curiosa sobre o experimento das Linhas Espectrais foi colocado na íntegra para os alunos assistirem e foi recomendado que anotassem os termos para retomada ao fim do vídeo.

Durante a apresentação do vídeo, alguns apontamentos foram feitos pela professora em pontos estratégicos mais relevantes do experimento, destacando momentos como a montagem experimental e seus instrumentos. É importante ressaltar que como se tratava de uma turma interseriada, poderia ser o caso de haver alunos que nunca tinham visto nenhum equipamento de laboratório de Ciência. Por isso, foi dada certa importância aos aparatos utilizados e feita uma breve explicação sobre, por exemplo, o que são lentes convergentes e redes de difração (elementos óticos presentes no aparato experimental).

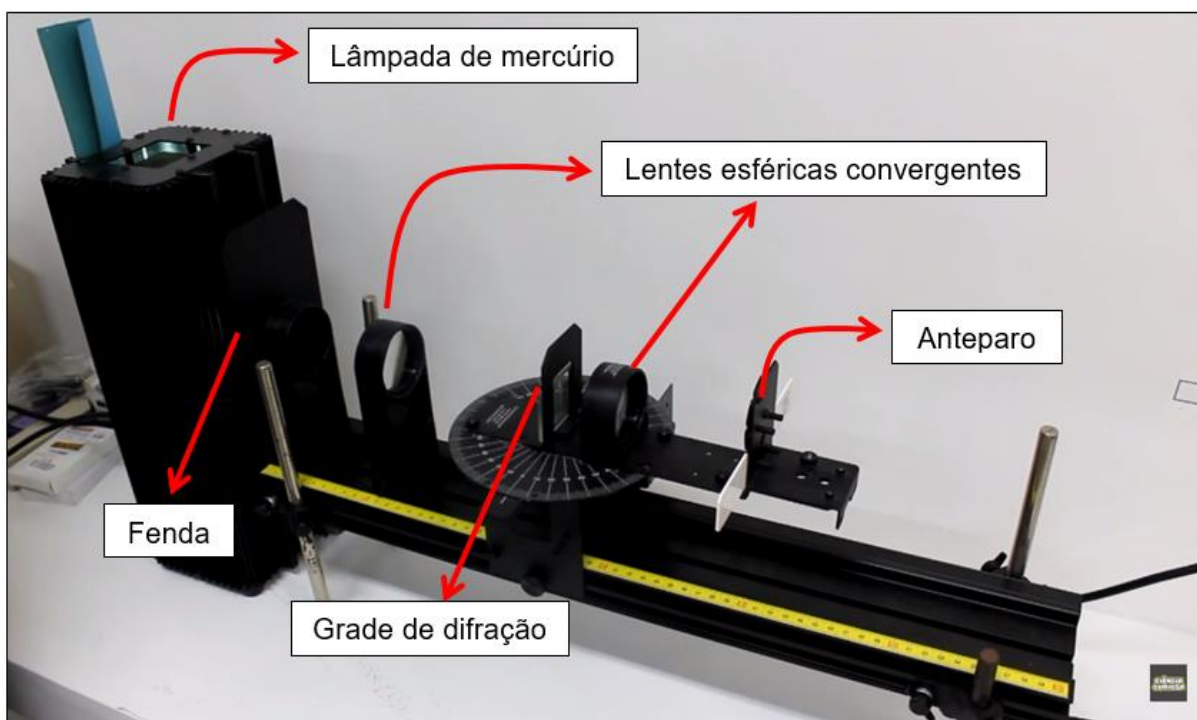


Figura 2: Esquema de montagem do Experimento de Linhas Espectrais.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mirlcqCEceM>>.
Acesso em: 30 maio 2017.

Outro momento importante do experimento é a formação das linhas espectrais para o átomo de mercúrio, que são identificadas em dois momentos distintos e sequenciais no vídeo. O primeiro momento com iluminação da sala e, em seguida, demonstradas com a utilização de um anteparo branco e as luzes da sala apagadas, conforme destacados nas figuras a seguir:

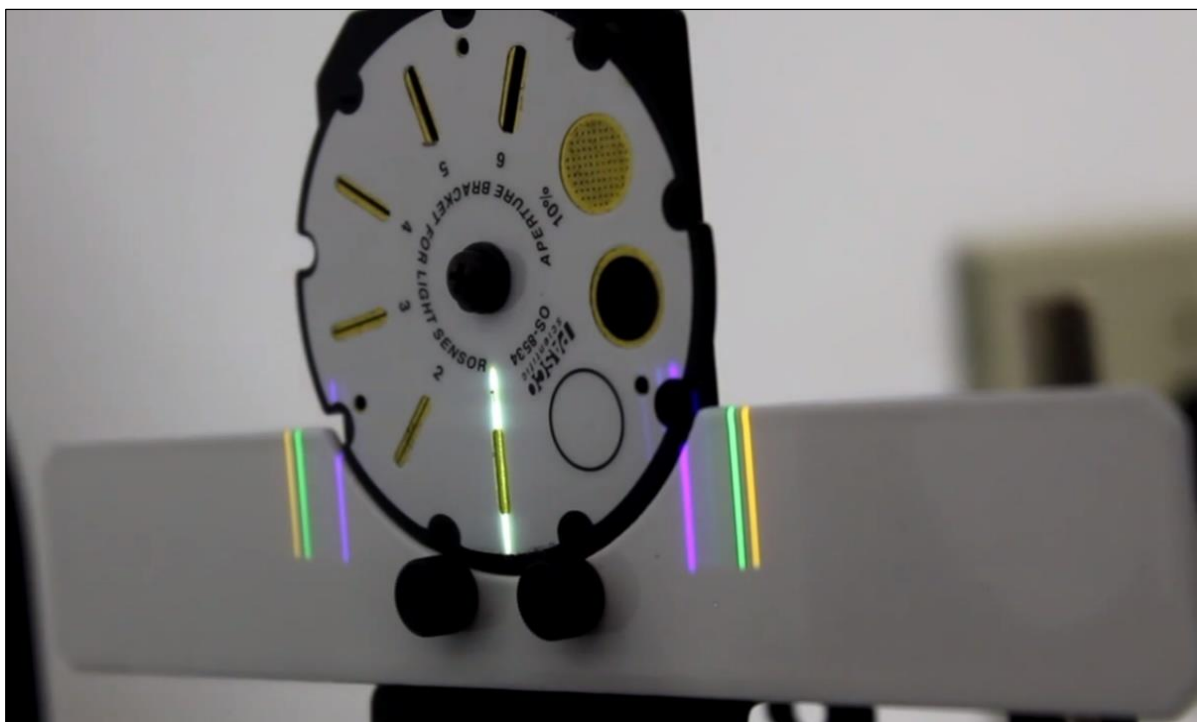


Figura 3: Destaque o efeito percebido pelas linhas espectrais da lâmpada de gás utilizada no experimento, com luzes ambientes no laboratório.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mirlcqCEcM>>

Acesso em: 30 maio 2017.



Figura 4: Destaque o efeito percebido pelas linhas espectrais da lâmpada de gás utilizada no experimento, com luzes do laboratório apagadas.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mirlcqCEceM>>
Acesso em: 30 maio 2017

Nesta ocasião, foi ressaltada a diferença entre as cores e quantidades de linhas que aparecem nas duas situações, considerando que ao apagar as luzes é possível perceber as linhas que estavam menos intensas na emissão do espectro relatado no vídeo do experimento.

Outro momento importante de destaque para o vídeo, é a ilustração dos diferentes espectros de emissão para diferentes átomos. Neste momento, a projeção teve de ser parada e as equipes convocadas a observar as linhas espectrais na tela do computador, pois a sala era muito clara, o que dificultava a percepção dos detalhes a partir da projeção.

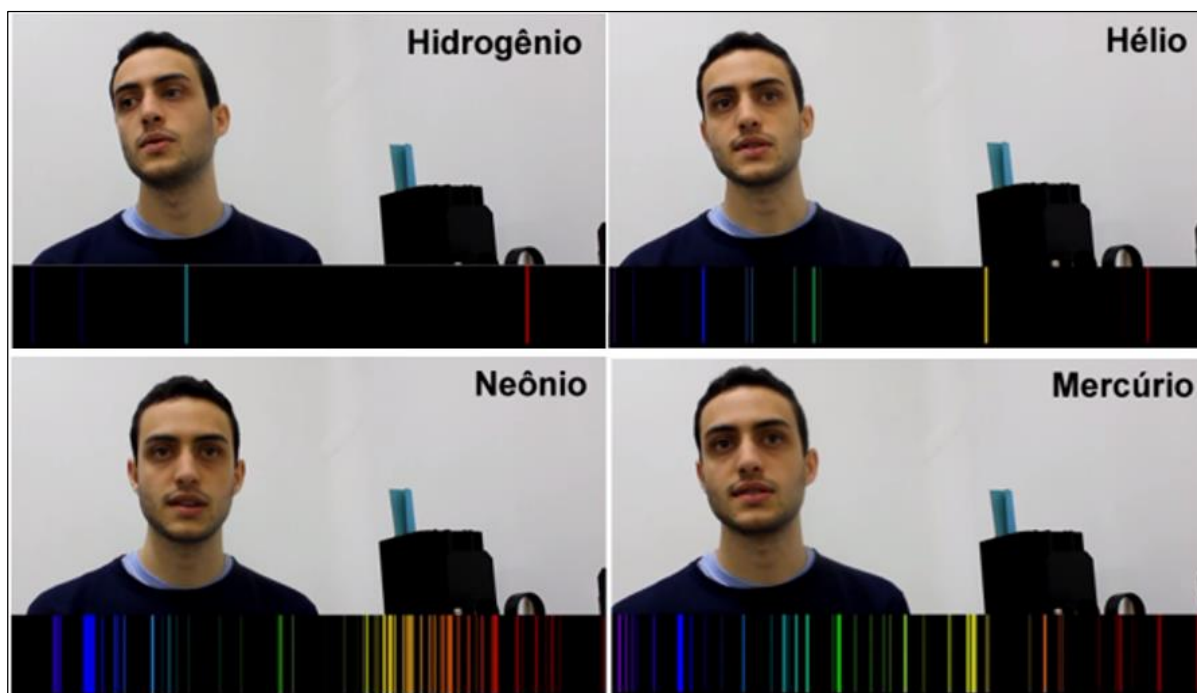


Figura 5: As diferentes configurações de linhas espectrais em diferentes substâncias.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mirlcqCEceM>>

Nota: nos detalhes, o primeiro estudante a se graduar no curso de licenciatura em física da UTFPR, Allan Perna, que protagonizou um dos primeiros vídeos de FMC do Ciência Curiosa.

Acesso em: 30 maio 2017

Um diálogo foi estabelecido com os estudantes a partir de uma dúvida levantada neste instante. Observa-se que diferentes alunos participaram da interação, mas, para que a intenção da discussão não seja perdida, as falas serão atribuídas apenas a A como os alunos e P como a professora:

A: “Por que as linhas são tão diferentes entre esses materiais?”

Os estudantes não se sentem seguros em arriscar uma resposta e, para iniciar uma linha de raciocínio, a professora questiona e fortalece a interlocução com a turma:

P: “O que é responsável por essa emissão de luz nas lâmpadas de gases?”

A: “Os saltos dos elétrons?!”

P: “Sim... e por que aparecem cores diferentes, mesmo?”

A: “Porque cada salto tem energia diferente?!”

P: “Isso. Quantos elétrons tem o átomo de hidrogênio? E o de hélio? Vocês sabem?”

A: “Hidrogênio tem um e o Hélio tem dois, né professora?”

P: “Isso mesmo! Vejam as linhas que aparecem nos átomos de hidrogênio e de hélio. O que notam? Não são iguais, certo?”

A: “O de hélio tem mais linhas...”

P: “Sim, pois o hélio tem mais elétrons”

A: “Ah, quanto mais elétrons, mais linhas aparecem?”

P: “Quanto mais elétrons o átomo tiver, mais complexo ele é e mais possibilidades de saltos ele tem. São mais possibilidades para os elétrons fazerem as transições eletrônicas.”

Ao continuar o vídeo, a fala da professora é reforçada na explicação subsequente do apresentador do experimento.

Alguns fatores foram levantados pela professora ao fim da apresentação do vídeo, por exemplo:

P: A temperatura do gás utilizado na lâmpada muda o efeito percebido?

P: Quais as aplicações da espectroscopia? Vocês conseguem imaginar outras coisas que não foram citadas no vídeo?

P: A espectroscopia pode ser feita com qualquer material ou só pode ser feita em gases?

Os alunos foram orientados a buscar mais informações sobre essas questões a partir de pesquisas em sites da internet e, ao fim da aula, cada equipe deu um parecer sobre as questões propostas.

As considerações apontadas pelas equipes, de maneira geral, indicaram que encontraram uma relação entre a temperatura e os efeitos ocorridos com os gases, bem como aplicações para espectroscopia em sólidos, com emissão de espectros de diferentes tipos de radiação para determinar misturas de metais na água, por exemplo.

É importante destacar que o foco desta aula é compreender a emissão e absorção de radiação como um fenômeno ocorrido com o elétron no átomo, associando a liberação ou absorção de energia com a aproximação ou afastamento do núcleo atômico, ao mudar sua órbita (tendo em vista um modelo tal qual devido a Bohr). Por tratar-se de uma turma interseriada, muitos estudantes não tinham qualquer noção de Física associada a radiação ou estrutura atômica.

Assim, no que diz respeito ao aspecto 1, podemos destacar os seguintes comentários dos estudantes:

A 3: [...] acredito ter um aprendizado melhor vendo e ouvindo do que apenas lendo.

A 4: Pode auxiliar um pouco, é melhor ter pessoas presentes para ensinar, assim você pode tirar suas dúvidas.

A 11: [...] cada informação que compõe o conteúdo é importante para uma melhor compreensão e o vídeo conseguiu mostrar a parte prática do experimento, explicando utilizando objetos reais no auxílio.

A partir dos comentários, é possível declarar que os estudantes compreendem a validade da utilização de uma ferramenta extra, no contexto da aula e, principalmente, considerando que não temos nenhum tipo de laboratório na escola. Os alunos A 3 e A 11 apontam a complementação do conteúdo exposto com a utilização de imagens, conforme o vídeo do experimento destacou. O estudante A11 realça a importância da compreensão do uso de “objetos reais” na execução do

experimento. Neste contexto, fica evidente a realidade imposta ao fenômeno, apesar da visualização ser através de um vídeo, ressalta-se a compreensão de que foi feito num espaço real com objetos reais.

Em relação ao aspecto 2, os comentários a serem destacados são:

A1: Ponto positivo é que você aprende mais vendo na prática do que na explicação e o vídeo faz com que os alunos vejam e tenham um aprendizado mais rápido e mais produtivo, o único ponto negativo são as palavras que eles utilizam, acho que deveriam usar palavras mais fáceis de compreensão pois um aluno só se interessa por aquilo que entende.

A7: Pontos positivos: praticidade, dinamicidade (porque haviam explicações com imagens) e inovadora. Negativos: o vídeo era curto, haviam muitos termos técnicos e o conteúdo é meio difícil

A16: Podemos ver o experimento acontecer criamos uma noção de como o fenômeno funciona, isso torna muito mais prático a aula.

Ao analisarmos as considerações de alguns estudantes, podemos destacar que, dentre as afirmações feitas, é unânime o reconhecimento da validade do uso do vídeo no contexto da aula, como sendo complementar à exposição do conteúdo. Os estudantes apontam que a ilustração do fenômeno é indispensável para uma melhor compreensão. Os alunos A1 e A7 apontam a linguagem utilizada no vídeo como um ponto negativo. Ressaltamos que haviam estudantes sem maiores noções de Física e, por consequência, sem intimidade com os termos mais específicos da Ciência.

No que se refere ao quesito 3 dos questionários, destacamos os discursos de:

A2: É um experimento que ajuda no desenvolvimento humano, vamos dizer, pois revela fatos que até então nunca ninguém tinha pensando antes. No meu ponto de vista, acho importante aprender sobre experimentos que mudam ou vão mudar algo para mim.

A6: Foi muito bom aprender sobre as linhas espectrais, pois nunca havia visto isso antes e gostei muito, o conteúdo é meio complexo mas deu para entender.

A partir da fala do estudante A2 “experimento que ajuda no desenvolvimento humano”, é possível apontar um processo de humanização da Ciência, que indica aproximação do estudante com o contexto científico.

5. 1. 2 – Aula 2 – Experimento de Millikan.

Para a realização da atividade referente ao experimento de Millikan, os alunos foram encaminhados para os laboratórios de informática da escola e foi solicitado que, individualmente, assistissem ao vídeo da experiência, segundo o portal Ciência Curiosa e que fizessem anotações sobre termos ou passagens que não eram compreendidas por eles. Eles também foram incentivados a pesquisar na internet sobre os termos e sobre outros fatos relevantes referentes ao experimento de Millikan.

Neste contexto, a utilização do vídeo não está focada exclusivamente no conteúdo, mas sim na interação que o estudante possa estabelecer com o material apresentado e assim possa estabelecer associações com o conteúdo, para que a partir deste contato com o material audiovisual sintam-se estimulados a aprofundar seu estudo.

Também se pode utilizar o vídeo com uma função investigativa, bastando oferecer aos alunos um guia de leitura do vídeo antes de exibi-lo, com a intenção de que eles extraíam informações pertinentes e, possam dar sequência à aula, retomando a discussão com as informações extraídas do vídeo (ARROIO; GIORDAN, 2006, p. 4).

Além disso, trata-se de uma atividade diferente, podendo causar impactos positivos a partir de sua utilização.

Não se trata de uma simples transmissão de conhecimento, mas sim de aquisição de experiências de todo o tipo: conhecimento, emoções, atitudes, sensações, etc. Além disso, a quebra de ritmo provocada pela apresentação de um audiovisual é saudável, pois altera a rotina da sala de aula e permite diversificar as atividades ali realizadas (ARROIO; GIORDAN, 2006, p. 3).

Com a atividade encaminhada, a professora atendeu aos estudantes tanto individualmente quanto em suas equipes, percebendo que um ponto específico do vídeo causou dúvidas nos alunos. O momento do vídeo que destaca as forças que atuam sobre cada uma das gotas de silicone não é bem compreendido pelos discentes. Considerando a turma interseriada, que trabalha por oficinas de ensino, ou seja, os conteúdos não são trabalhados de forma sequencial, é natural que alguns estudantes não tenham noções dos tipos de interações de forças e diagramas de corpo livre. Assim, a professora fez a intervenção para a turma toda explicando cada uma das forças atuantes e suas naturezas, a partir da imagem presente no vídeo.

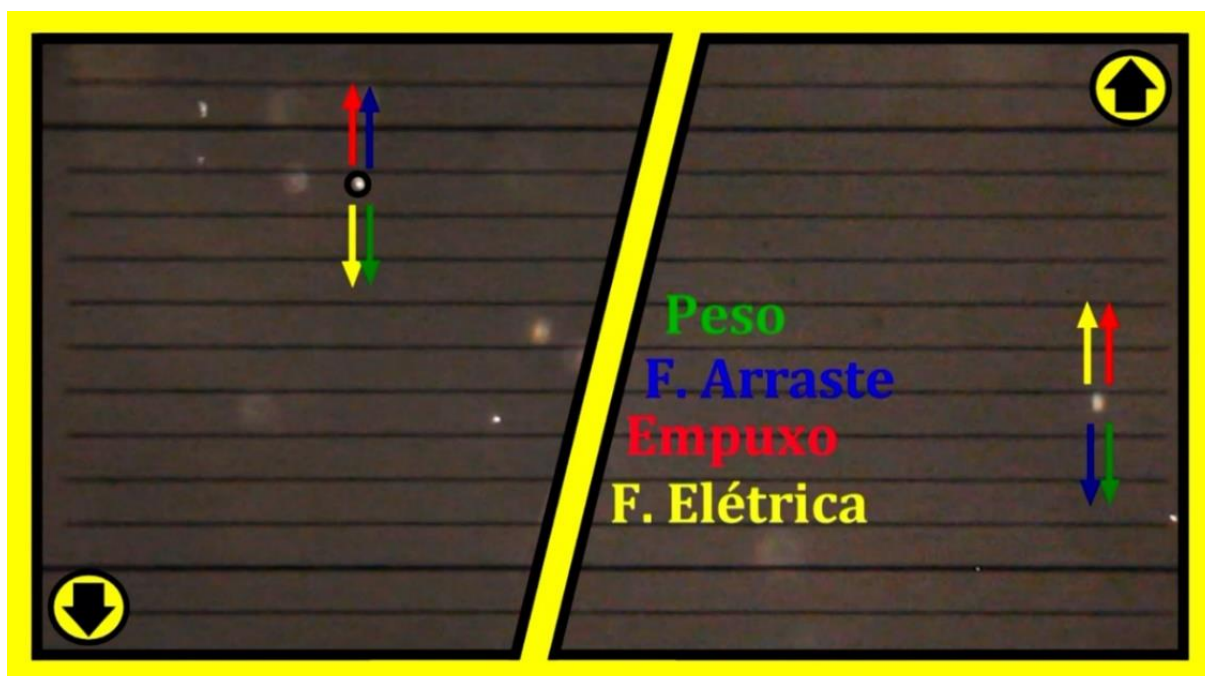


Figura 6: Atuação de forças presentes nas gotas de óleo no Experimento de Millikan.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Fk_ZQQsAkSo>

Acesso em: 30 maio 2017.

Ao final do vídeo os estudantes retornaram para a sala de aula. Com suas equipes, discutiram os conceitos pesquisados e ouviram o feedback da professora. Neste momento de fala para o coletivo, algumas perguntas sobre o experimento foram lançadas e comentadas pela professora.

P: Quais são as forças que atuam sobre cada uma das gotas?

P: Por que só algumas gotas mudam o sentido quando muda a polaridade do campo elétrico no capacitor?

P: Qual foi a comprovação que Millikan conseguiu a partir da coleta dos dados no seu experimento?

P: Você sabe o significado de “carga quantizada”? Como isso está relacionado com o experimento realizado por Millikan?

Os estudantes demonstram ter muita dificuldade em compreender o significado de “quantizado”, mas depois de elaborar um esquema no quadro demonstrando que a gota de silicone não pode receber “um elétron e meio”, ela só pode receber 1, 2, 3, 4, ou 10 elétrons, eles compreendem que o conceito de quantizado está associado a qual o valor que será multiplicado pela tal carga elementar.

Sobre a aplicação dos questionários, a análise que segue refere-se ao quesito 1.

A4: [...] o vídeo explica bem, e é bem específico em algumas partes.

A10: [...] facilitou a forma de conhecer melhor a importância desse experimento e de como ocorre todo o processo.

A15: Com o vídeo pude ter um melhor raciocínio sobre o experimento, pelo motivo de no vídeo conter todos os momentos necessários para a compreensão do conteúdo, explicando etapa por etapa até chegar ao resultado final que seria o “auge” do vídeo.

Considerando que o acompanhamento desse vídeo foi feito somente pelos estudantes, sem intervenções diretas da professora (a menos sobre a interação das forças), podemos apontar que se trata de um vídeo bem detalhado, como destacado pelos estudantes A4 e A15, que identificam que as etapas evidenciadas durante o experimento são extremamente importantes para seu contexto e compreensão.

Quanto ao aspecto 2 para análise dos questionários, de maneira geral os estudantes apontam para a dificuldade da linguagem, porém, aparece outro aspecto importante, pois os estudantes demonstram interesse em manusear o experimento.

A9: Pontos positivos: material profissional, feito por quem entende do assunto, auxiliou na compreensão do assunto. Pontos negativos: tópicos sem resposta, não mostrou as outras tentativas de Millikan, não falou da relevância atual da experiência.

A11: saber que com tecnologia inferior à nossa eles faziam coisas surpreendentes.

A15: aprendizado do conteúdo, pois com ele podemos observar como foi feito esse experimento e o que acontece ao decorrer do vídeo. Mas também tem seus pontos negativos, nos quais podemos citar que seria totalmente diferente se estivéssemos em um laboratório de física com todos esses aparelhos em mãos e um professor orientando.

Neste sentido, é importante destacar que apesar de reconhecerem a importância de usar o vídeo do experimento real e não uma animação ou simulação, o estudante A15 evidencia que a manipulação do experimento é insubstituível e seria interessante. O que comprova o que já foi exposto por Loch (2011) e Bezerra Jr *et al* (2015). Podemos dizer que o caráter mais manipulativo da experiência exerce sobre os estudantes, diferente do experimento das linhas espectrais, uma curiosidade em mexer nos aparatos.

5. 1. 3 – Aula 3 – Experimento do Efeito Fotoelétrico.

A aula sobre o Efeito Fotoelétrico foi expositiva, com a utilização de quadro e giz. Iniciou-se com uma explicação sobre o que é o efeito fotoelétrico, como alguns questionamentos sobre ele foram resolvidos e como resultaram no prêmio Nobel para Albert Einstein em 1921.

O vídeo, neste contexto, teria o objetivo de ilustrar as descrições feitas pela professora sobre o fenômeno. Assim, as imagens do vídeo foram projetadas e serviram para demonstrar como é a montagem experimental, quais aparatos são utilizados, como é verificado o efeito, dado que se trata de um fenômeno complexo e que exige muita abstração por parte dos estudantes. Neste caso, o vídeo não foi passado para os alunos, somente suas imagens congeladas foram usadas, tendo em vista uma seleção prévia realizada pela professora.

Um momento de destaque do vídeo é a demonstração do espectro luminoso, suas frequências e seus comprimentos de onda, considerações que já haviam sido explicitados num outro momento e são retomados para salientar as diferenças entre as energias para fótons de diferentes cores. Esta informação completa a demonstração da equação para o efeito fotoelétrico.

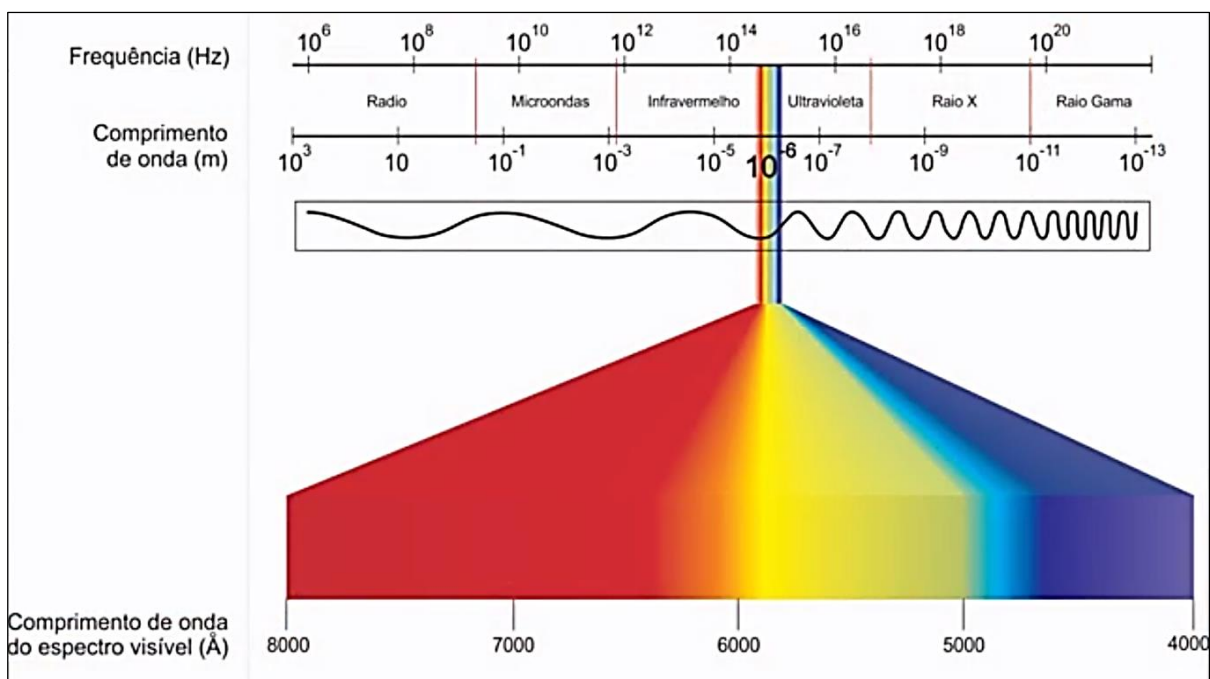


Figura 7: Espectro luminoso e ordem de grandeza de suas frequências e comprimentos de onda.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_vBBpcJofj0>

Acesso em: 30 maio 2017.

Outro momento importante, para o qual a imagem do vídeo foi usada, destaca o esquema de montagem do experimento em questão. É relevante salientar aos estudantes que a Ciência se desenvolve a partir de investimento, e que obras

como esta, que transformam o rumo do desenvolvimento científico, exigem materiais e aparatos específicos ao seu fim.

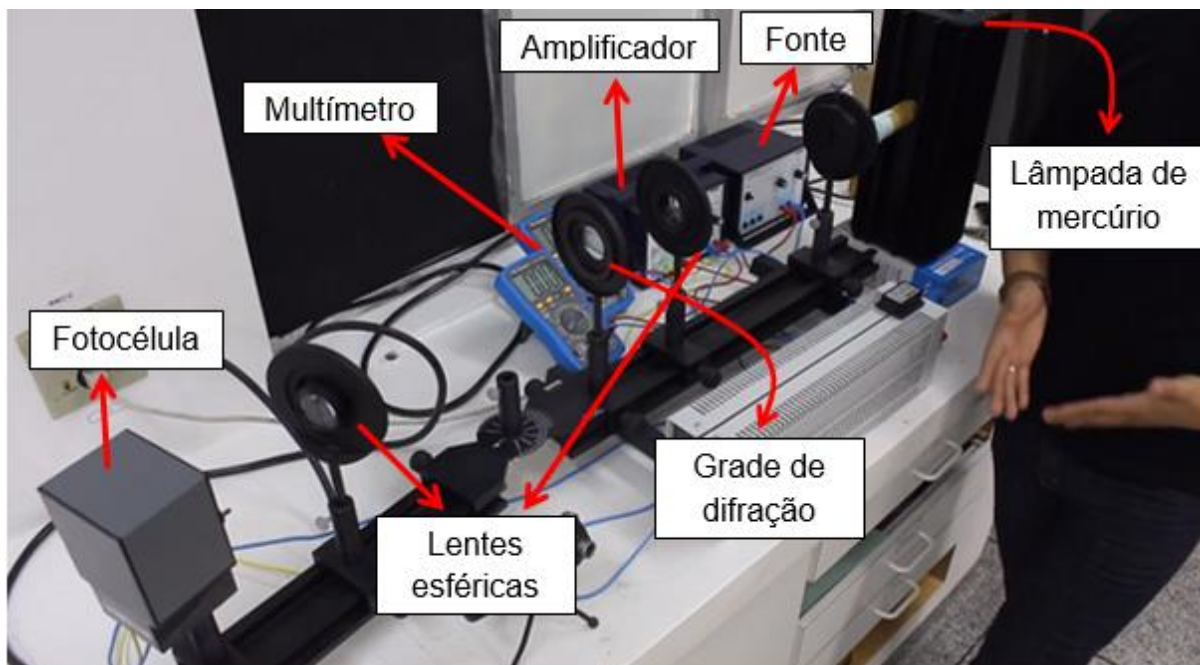


Figura 8: Aparatos da montagem experimental do Efeito Fotoelétrico.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_vBBpcJofj0>
Acesso em: 30 maio 2017.

Complementando a aula a partir da utilização do vídeo, um destaque especial deve ser dado com respeito ao funcionamento dos aparatos. Principalmente considerando que o efeito fotoelétrico é um fenômeno que, para a configuração apresentada, não produz efeitos visuais óbvios. Desta forma, o trecho do vídeo que demonstra como verificar a ocorrência do efeito é através das medidas realizadas no multímetro. Assim, a imagem a seguir foi usada como destaque nesta etapa.

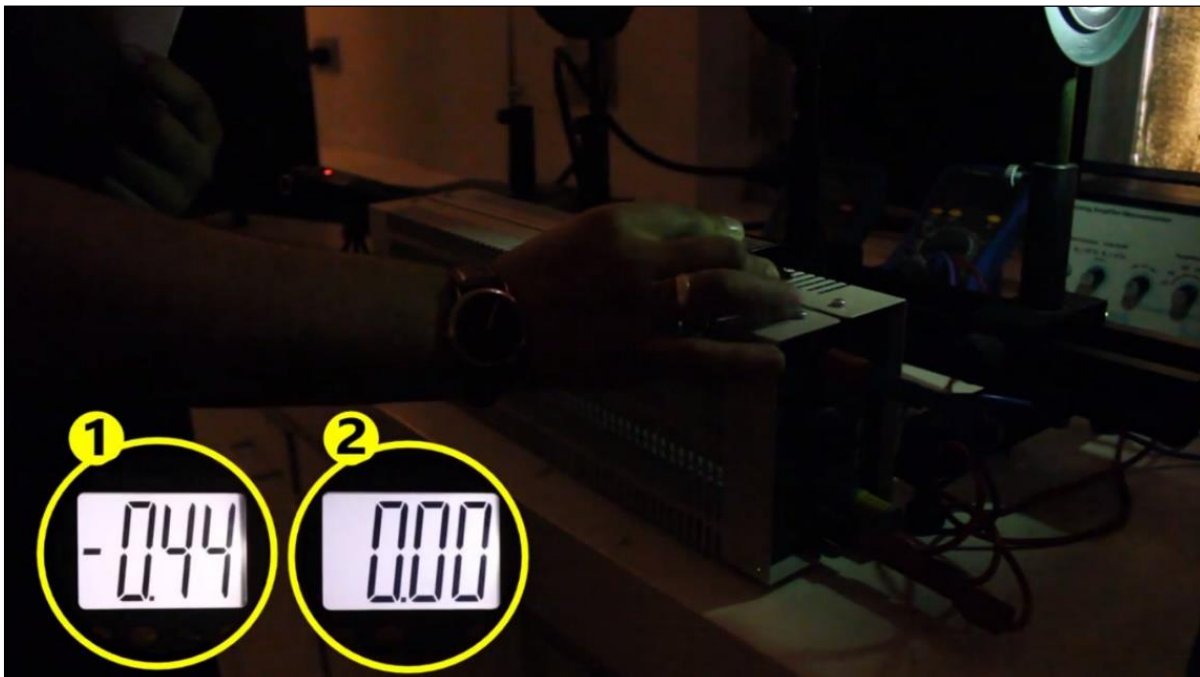


Figura 9: Aparatos da montagem experimental do Efeito Fotoelétrico. Multímetros em funcionamento. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_vBBpcJofj0> Acesso em: 30 maio 2017.

Após a realização da aula com auxílio de trechos do vídeo do efeito fotoelétrico em sala, os alunos foram encaminhados para o laboratório de informática a fim de fazer um encerramento sobre o tema do efeito fotoelétrico, usando o simulador PhEt (Physics Education Technology) da Universidade do Colorado, um REA disponível no endereço eletrônico https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric, a partir de um roteiro de atividade, que consta das sequências didáticas, produto dessa dissertação

Sobre os questionários, destacamos, a respeito do aspecto 1:

A5: O experimento realizado em sala traria mais efeitos de ensino.

A10: [...] é uma outra ferramenta para exemplificar algo, então, quanto mais melhor.

A12: [...] fica bem mais fácil a compreensão do que quando é só falado.

A13: [...] exemplificou o estudo.

Sabemos que a chance de manipular o experimento é algo que estimula os estudantes, como já discutido anteriormente e que de maneira alguma é uma atividade que pode ser substituída pelo vídeo ou a simulação, conforme afirma o aluno A5 e foi discutido em outros momentos desta dissertação.

Os estudantes A10, A12 e A13 consideram que as demonstrações das imagens do experimento, complementando a aula expositiva. Neste sentido, a partir dos comentários evidenciados, percebe-se que os conceitos trabalhados em sala de aula são valorizados e passíveis de maior aprimoração.

Quanto a questão 2 sobre os vídeos, é possível destacar os seguintes comentários:

A3: Explicação visual teórica, explicação visual prática, o cara sabia explicar, porém é tediante.

A8: Esse efeito é fácil de ser compreendido, obteve uma boa explicação, mas acho que poderia ter aprofundado mais nesse experimento.

A9: O vídeo é bom mas o assunto é complexo.

A este respeito é importante destacar que, ao fazer o contraponto sobre as impressões do vídeo, há um reconhecimento da importância de saber explicar os conceitos envolvidos no fenômeno explicado, como evidencia A3, porém o fato de ser apenas visual pode ter dado ao estudante a sensação de ser maçante.

Os alunos A8 e A9 trazem uma visão bastante heterogênea a respeito do fenômeno físico abordado e, apesar de levantarem posições opostas, evidenciam que a utilização do vídeo favorece sua compreensão.

Quanto ao aspecto 3 do questionário:

A3: [...] interessante mas intrigante, pois contraria minhas antigas ideias sobre a luz. Acredito ter um bom aprendizado.

A10: Essencial, porque é algo presente em nosso cotidiano mas poucos percebem, então é bom dar visibilidade e entendimento sobre tal assunto.

Neste quesito, podemos perceber que os estudantes ficam intrigados com o fenômeno estudado, mas evidenciam que, por agradarem-se ao tema, é prazeroso aprendê-lo. Os estudantes reconhecem a aplicação do conceito do Efeito Fotoelétrico em nosso cotidiano.

5.2 – VISITA AO LABORATÓRIO DE FMC DA UTFPR

Esta visita ocorreu em 26 de junho de 2015 e contou com a participação de 26 alunos de ensino médio, dois mestrandos, dois alunos de graduação (estudantes de Iniciação Científica), três professores da Universidade e um técnico de laboratório. Foi estruturada em três momentos distintos: conversa inicial com o grande grupo, experimentos realizados pelos alunos no laboratório didático e visita ao laboratório de pesquisa da UTFPR.



Figura 10: Recepção dos alunos na UTFPR e conversa com professores pesquisadores da instituição.

Fonte: Autora

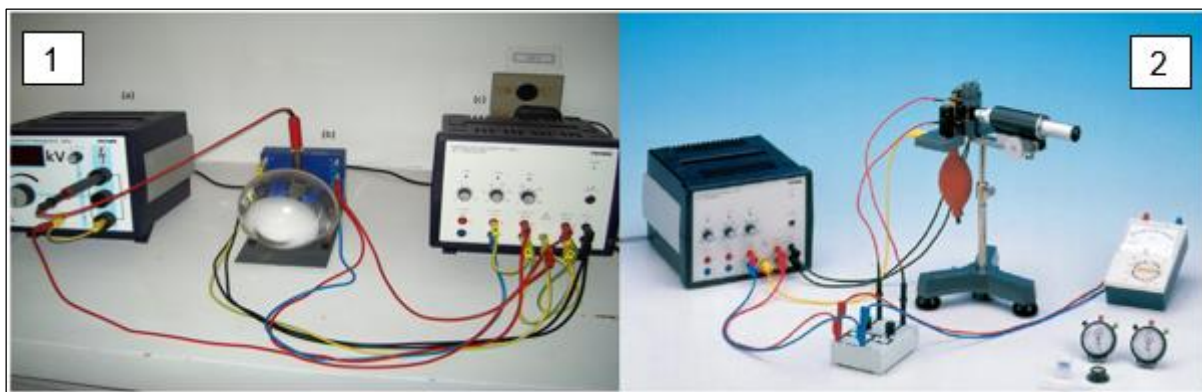


Figura 11: Experimentos apresentados na visita. (1) Difração de elétrons e (2) Experimento de Millikan.

Fonte: Manual de instruções do equipamento (2015)

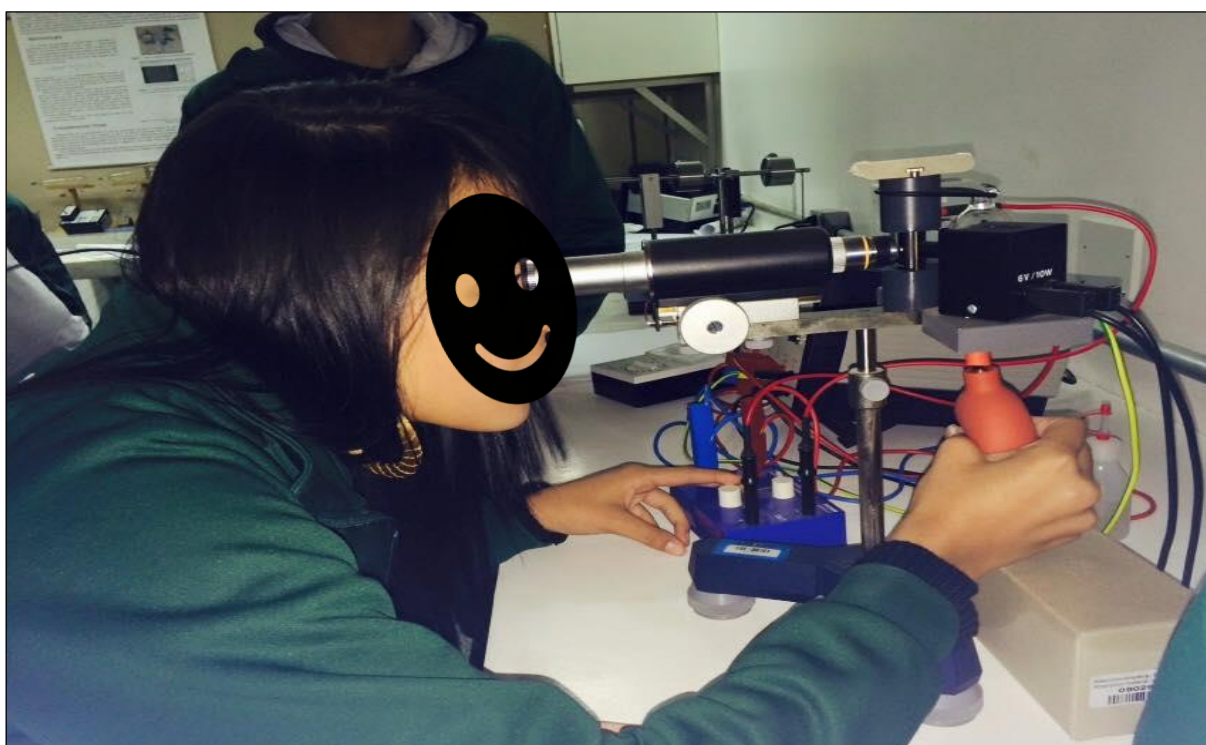


Figura 12: Aluna manuseando o experimento de Millikan.

Fonte: Autora



Figura 13: Demonstrações dos equipamentos utilizados na confecção de nanopartículas. Visita ao laboratório Fotonanobio.

Fonte: Thalita Rodrigues Ribeiro Alberti



Figura 14: Demonstrações das nanopartículas de diferentes metais. Visita ao laboratório Fotonanobio.

Fonte: Thalita Rodrigues Ribeiro Alberti

Para análise das impressões e dos impactos causados nos alunos pela visita foram aplicados questionários, com oito questões, em situação de pré e pós-atividade, que serão discutidas a seguir. A intenção era perceber as diferentes observações e pontos de vista sobre os mesmos questionamentos. Assim, as questões eram abertas e se referiam a aspectos abrangendo desde o espaço físico da universidade até o conhecimento específico e conceitual sobre o elétron, este apresentado aos estudantes como o “grande objeto de estudo” dos experimentos realizados no laboratório didático da UTFPR.

O primeiro questionário foi respondido ainda na escola por todos os alunos que participariam da visita, antes da realização das atividades no laboratório e o segundo questionário foi respondido cerca de quinze dias depois da visita, através de formulário online.

As discussões a seguir referem-se ao comparativo das respostas dos alunos dadas às questões que compunham o questionário. É importante ressaltar que somente algumas questões serão abordadas para fins de discussão sobre suas respostas, desta maneira foram elencadas as questões e respostas mais relevantes para tal discussão.

Ao serem perguntados sobre visitas a laboratório de pesquisa e divulgação científica, os alunos citam presença em laboratórios como o FiBrA⁶ (Física Brincando e Aprendendo) da UFPR, o Parque da Ciência⁷ e a Feiras de profissões⁸ de instituições que fizeram divulgação no ambiente escolar, como evidenciado por alguns comentários que integram os questionários dos estudantes e pode ser observado a seguir.

1) Você já visitou um laboratório de pesquisa e divulgação científica? Qual?

A 4	Antes: Não
	Depois: Sim, o laboratório da UTFPR (não sei se o Parque da Ciência conta, mas se contar já fui lá também)
A 16	Antes: Sim, parque da Ciência
	Depois: Sim, parque da Ciência e a UTFPR
A 24	Antes: Não, já vi um experimento na PUC na divulgação de profissões.
	Depois: -----

Tabela 1: Respostas de alguns alunos a questão 1 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.

Fonte: Autora.

É concebível destacar que, mesmo após a visita ao espaço do laboratório didático (de ensino superior) e laboratório de pesquisa (FotoNanoBio) na UTFPR, alguns alunos não demonstraram ser capazes de perceber as diferenças entre os

⁶ FiBrA – Projeto de extensão da UFPR que recebe visitantes em espaço de divulgação científica, em modelo de museu de ciências – <http://fisica.ufpr.br/fibra/>

⁷ Parque da Ciência – Espaço destinado a divulgação científica e experimentação de diversas áreas do conhecimento – <http://www.parquedaciencia.pr.gov.br/>

⁸ Feiras de profissões – Iniciativa das universidades de divulgação de seus cursos de graduação. UFPR e PUCPR divulgam no espaço escolar – <http://planetapuc.pucpr.br/> e <http://www.feiradecursos.ufpr.br/>.

trabalhos de ensino e de pesquisadores no ambiente universitário. Considera-se que o questionário não identificava tal observação, mas a recepção dos alunos feita pelos professores pesquisadores considerou uma fala a esse respeito, bem como a etapa de visita ao laboratório de pesquisa, que foi acompanhado pelos professores pesquisadores. A evidência encontrada nos questionários sobre esse apontamento pode ser verificada de acordo com a observação dos estudantes A 4, A 16 e A 24, que fazem uma associação entre a visita aos laboratórios da UTFPR e laboratório de divulgação científica em modelo de Museu de Ciências como o parque da Ciência, mesmo após as visitas ocorrerem.

Em relação ao experimento de Difração de elétrons, sua realização e manuseio, alguns apontamentos importantes estão conceituados e discutidos na sequência.

4) O que você entende por difração de elétrons?

A 10	Antes: ----- Depois: Seria o comportamento do elétron em ondas.
A 17	Antes: Que o elétron é diferente do outro por isso tem a difração. Depois: Quando o elétron muda, virando uma onda por exemplo
A 20	Antes: É quando ela se dispersa quando bate em algum material. Depois: Natureza ondulatória dos elétrons.

Tabela 2: Respostas de alguns alunos a questão 4 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.

Fonte: Autora.

É importante ressaltar que o tema de dualidade da luz foi tratado como conteúdo programático em aulas anteriores, assim, os alunos já tinham familiaridade com o termo difração e, alguns alunos, reconheciam a experiência como comprovação do comportamento ondulatório da luz ou do som, como é possível encontrar tais indícios a partir do comentário do estudante A 20 no questionário pré atividade, indicando a difração como uma espécie de desvio.

A averiguação de tal associação, para a etapa depois da prática, fica evidente com o apontamento do estudante A 10, relatando a difração como um comportamento ondulatório que pode se estender ao elétron. Já o estudante A 17,

demonstra uma imprecisão em sua resposta pós-experimento, indicando que o elétron sofre uma mudança e não demonstrando a compreensão efetiva de que se trata, apenas, de uma mudança de comportamento, e não em suas características básicas.

A questão que se referia ao experimento de Millikan teve dois formatos, um aplicado no questionário pré-atividade, considerando que os alunos não conheciam o tema do experimento e, talvez, não pudessem fazer associação entre a experiência e seu objetivo na análise de comportamento do elétron, e outro no pós-atividade, tratando a atividade como referência ao feito de Millikan.

A seguir são consideradas as principais observações sobre a abordagem do experimento de Millikan no desenvolvimento da atividade.

6) **ANTES:** Você sabe como a carga do elétron foi descoberta?

DEPOIS: Qual a importância do experimento de Millikan para a Ciência?

A 5	<p>Antes: Pelo experimento com uma lâmina de ouro, que as cargas se repeliam.</p> <p>Depois: Determinar a carga do elétron.</p>
A 6	<p>Antes: Em vários experimentos para descobrir o funcionamento de um átomo, via-se que ele era constituído por um núcleo de carga positiva, então para o elétron orbitar o núcleo teria de ter carga negativa.</p> <p>Depois: O Experimento de Millikan foi importante para a descoberta do elétron, principalmente pela carga do mesmo.</p>
A 11	<p>Antes: -----</p> <p>Depois: A determinação do valor da carga elétrica elementar.</p>

Tabela 3: Respostas de alguns alunos a questão 6 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.

Fonte: Autora.

É possível perceber, através resposta dada por A3 que antes da atividade ser realizada o estudante apontou a descoberta do núcleo positivo do átomo com a descoberta do elétron, porém, a atividade esclareceu que o experimento de Millikan tratava da descoberta da carga elementar do elétron. A experiência referida pelo aluno

foi tratada em aula introdutória sobre a evolução dos modelos atômicos e momentos, conforme o conteúdo programático trabalhado em aulas anteriores.

O aluno A6 faz uma consideração também baseada em aulas anteriores, considerando experimentos feitos para constatações sobre a estrutura do átomo. Ele é capaz de estabelecer uma relação entre a interação de cargas elétricas para justificar seu raciocínio e baseia sua resposta no conceito de neutralidade da matéria, conforme abordado em aulas anteriores. Após a realização da experiência o aluno é capaz de associar a experiência de Millikan à descoberta da carga elementar, apontando que se trata de uma dentre várias descobertas importantes para o elétron.

Com base nas respostas do aluno A11, nota-se que ele não fez associação entre a descoberta da carga elétrica, pelo menos não de forma segura para escrever sobre isso antes da realização do estudo (deixou a questão em branco), mas ao ser perguntado após a experiência, aponta o experimento de Millikan como responsável por essa importante descoberta para a Ciência.

A última questão a ser discutida nesta etapa da pesquisa, refere-se à importância dos experimentos realizados pelos alunos durante a visita ao laboratório didático para a Física Moderna. Esta questão e a sua análise nos trazem apontamentos interessantes.

8) Como você associa o experimento da Difração de elétrons e o Experimento de Millikan com a Física Moderna?

A 2	Antes: Não sei que experimento é esse. Depois: Que os dois estudam a física quântica, observando o comportamento das partículas.
A 6	Antes: Estudando-os conseguimos compreender melhor o mundo em que vivemos. Depois: Estes experimentos ajudaram a entender o funcionamento dos elétrons, o qual a física moderna buscava compreender.
A 10	Antes: ----- Depois: Os dois experimentos foram desenvolvidos depois do século XX, e seria uma das últimas experiências inventadas.
A 13	Antes: -----

	Depois: A física moderna precisa desses experimentos para cada vez aprimorar mais os estudos, quanto mais dados de pesquisas anteriores eles tiverem, melhor vai ser o resultado das próximas pesquisas e experiências.
A 19	Antes: ----- Depois: Ambos usam como base a energia em um elétron.
A 21	Antes: Não conheço o experimento de Millikan Depois: Todos tratam de partes pequenas de matéria, o que é enfoque para a Física Moderna.

Tabela 4: Respostas de alguns alunos a questão 8 com comparativo de antes da visita e depois da visita aos laboratórios da UTFPR.
Fonte: Autora.

De maneira geral, os alunos percebem que os experimentos foram fundamentais para o desenvolvimento da Física Moderna. Como o experimento de Millikan não havia sido tratado em sala de aula, o aluno A 2 aponta não reconhecer o nome do experimento, mas, após a realização da atividade, distingue o desenvolvimento da Física Quântica baseado em experimentos que exploram uma parte pequena da matéria, o que ele chama de partícula. O que é reiterado pelas observações dos alunos A 6, A 19 e A 21, sobre o estudo do elétron como um importante passo para a Ciência e relacionando o elétron como o ator principal dos experimentos, sendo fundamental seu estudo para a Física Moderna.

Como é evidente, através da análise do questionário, os alunos A 10, A 13 e A 19 não conseguiram estabelecer uma relação consistente para escrever sobre a importância desses experimentos para a Física Moderna antes da realização da prática no laboratório, deixando esta questão do pré-experimento em branco. Porém, após a realização das atividades o discente A 13 é capaz de destacar a importância dos experimentos para o processo de desenvolvimento e evolução da Ciência. Em contrapartida, o aluno A 10 demonstra acreditar que a Ciência é limitada, está acabada e que, a partir do século XX, não existem grandes coisas para serem descobertas.

As análises desses questionários, bem como a interação com os estudantes na prática da visita aos laboratórios, mostraram-se eficaz no sentido de aproximar os alunos das rotinas acadêmicas realizadas no ambiente universitário. Neste sentido, segundo Watanabe e Kawamura (2015) é necessário “repensar as

dinâmicas sociais estabelecidas entre cientistas e sociedade” a fim de que a divulgação científica cumpra seu papel essencial e possa, de maneira mais efetiva, atingir a sociedade em geral, para qual os feitos científicos podem ser direcionados.

Essas verificações das enquetes dos estudantes revelam ainda que há uma diferença na percepção dos estudantes sobre os fenômenos abordados antes e depois da visita. Apesar de muitas respostas na pré-atividade estarem em branco ou díspares da formalização conceitual mais consistente, é perceptível que, em muitos casos, os estudantes mostram maior familiaridade com as concepções científicas, o que tornaria uma retomada desses conteúdos mais significativos em outros momentos.

A partir das considerações de Moreira e Masini (1982) “os organizadores prévios devem ser mais efetivos do que simples comparações introdutórias entre o material novo e o já conhecido”. Sendo assim, a manipulação dos experimentos com a visita *in loco* mostrou que os estudantes foram capazes de demonstrar proximidade com os conceitos da FMC, e a partir de seus comentários expressam certa intimidade com os assuntos e conceitos abordados nos experimentos trabalhados. Desta forma, temos indícios de que a visita em si pode ser considerada um organizador prévio com a finalidade de estruturar uma ponte na construção de subsunçores para o ensino de FMC.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análises de trabalhos anteriores mostram a necessidade de inserção de conceitos de FMC para o Ensino Médio a partir de diferentes recursos. Considerando que o tema vem sendo estudado há algum tempo e das mais diversas maneiras, ainda assim se faz necessário encontrar mais e melhores estratégias pelas quais os alunos possam superar as suas dificuldades, pois as relações abstratas estabelecidas pelo estudo da FMC necessitam de mecanismos peculiares às suas especificidades. Além disso, o professor também necessita tanto de novas ideias e inspirações, quanto de materiais e experiências em que possa se espelhar. Essas podem ser apontadas como algumas das inspirações para o desenvolvimento dessa dissertação.

As teorias da Aprendizagem Significativa serviram de guia para que, tanto a dissertação quanto o desenvolvimento das sequências didáticas, portanto, as práticas a partir dela, se baseassem na construção e no desenvolvimento de subsunçores, considerando para tal a utilização de recursos e intervenções pautadas no conceito de “materiais potencialmente significativos” (esta também uma referência da Aprendizagem Significativa).

Sendo assim, a teoria serviu de base e inspiração para a prática pedagógica utilizada e o desenvolvimento do produto. Estes materiais potencialmente significativos foram os vídeos combinados às sequências didáticas elaboradas pela autora. Além disso, as visitas aos laboratórios também serviram para aproximar os estudantes dos conteúdos, contextualizando-os e abrindo múltiplas possibilidades de intervenção para a professora e de interação entre todos os atores (estudantes secundaristas, mestrandos, graduandos, pesquisadores, etc.) envolvidos nesse rico processo.

Entendemos que as etapas descritas nesta dissertação (vídeos, sequências didáticas e visitas) estejam estruturadas a partir da teoria da Aprendizagem Significativa, em especial a noção de organizadores prévios, permitindo a construção, ampliação e ancoragem de subsunçores, elementos essenciais para que aprendizagem seja potencializada na estrutura cognitiva dos estudantes. É esta a nossa percepção ou entendimento de como o conjunto vídeos – visitas aos

laboratórios corresponde ao conceito de organizadores prévios, estabelecendo assim o vínculo deste trabalho com a teoria da Aprendizagem Significativa.

É importante destacar que, no contexto deste trabalho, não há objetivo específico de verificar a Aprendizagem Significativa a longo prazo – o que seria, também, parte do processo para o projeto como um todo pudesse ser totalmente enquadrado no intuito da referida teoria. Reconhecemos, portanto, que para tal a verificação poderia ser aprofundada, por exemplo, por meio de um questionário após seis meses ou um ano da aplicação das atividades. Com isto, seria possível avaliar a permanência dos conceitos ensinados e a capacidade dos estudantes de se valerem deles reflexivamente em múltiplos contextos. Porém, devido ao tempo de realização desta investigação, não foi possível conjecturar tal possibilidade. Assim, avaliamos que o desenvolvimento deste trabalho possa servir de inspiração para averiguações futuras.

Ainda assim, os mecanismos de assimilação e construção do conhecimento, no escopo da Aprendizagem Significativa pressupõem, conforme discutido no capítulo 3, a existência de subsunçores na estrutura cognitiva dos discentes. No caso da FMC a experiência da autora em sala de aula indicou que, na maioria das vezes, os estudantes têm dificuldades de assimilar os conceitos porque, muito provavelmente, os subsunçores eram ausentes ou pouco elaborados para os conteúdos específicos a serem trabalhados.

Como outra vertente importante dos resultados deste trabalho, os vídeos produzidos em 2013 foram levados para sala de aula num contexto estruturado, a partir de sequências didáticas, com a finalidade de avaliar sua pertinência, abrangência e relevância. Desta maneira, tanto pela análise dos questionários quanto pela interação direta com os estudantes no desenvolvimento deste projeto, podemos dizer que os vídeos têm o privilégio de serem utilizados como potenciais materiais em sala de aula, pois trata-se de materiais que foram elaborados com o desígnio de ilustrar, ajudar na observação e elucidar fenômenos físicos importantes, mas que muitas vezes aparecem em textos (livros didáticos) que não dão conta dos múltiplos contextos. Assim, os vídeos evidenciam aos estudantes que as teorias científicas podem (e devem) ser verificadas e comprovadas a partir da utilização de materiais reais, incluindo equipamentos e laboratórios, bem como processos científicos específicos e estruturados para sua realização.

A análise sobre o questionário de utilização dos vídeos evidencia que os estudantes reconhecem a ciência como um processo que necessita ser, também, visualizado. Desta maneira, apontam para a importância das ilustrações promovidas pelos vídeos utilizados (seja na íntegra – como suporte ou uso exclusivo - ou apenas com trechos para referenciar a ocorrência de um fenômeno).

A apreciação dos questionários propostos aos estudantes, incluindo a visita aos laboratórios da UTFPR, permite encontrar evidências de que os alunos foram capazes de estabelecer opiniões cientificamente embasadas a respeito de temas centrais da Física Moderna, tais como a respeito do elétron, sua carga e sua propriedade dual, como um aspecto relevante para a apropriação de conceitos de FMC.

Esse estudo indica que os discentes não estabeleceram distinções claras entre laboratório didático e laboratório de pesquisa, mesmo que no contexto dos questionários tenha ficado evidente que são capazes de reconhecer os feitos científicos, sua evolução e importância social.

As reflexões estabelecidas a partir das atividades desenvolvidas permitem-nos constatar que as visitas causaram impactos positivos no processo de apropriação do conhecimento por parte dos alunos e os iniciou na curiosidade que envolve o campo científico.

Considera-se essencial que ações de Divulgação Científica como esta devam ser praticadas pelas instituições de ensino, concretizando a abertura de espaços educacionais de nível superior com o propósito de aproximar os alunos das realizações científicas, humanizando o fazer científico e demonstrando a importância da Ciência e seu desenvolvimento para a sociedade. Com isso, são estabelecidas pontes entre universidade e escola, entre cientistas, professores e estudantes, colaborando com a educação para a Ciência e aumentando o grau de apreciação do saber produzido na academia, com reflexos na aprendizagem por parte dos estudantes.

Em suma, este trabalho admitiu a utilização dos vídeos de experimentos de FMC e a visita aos laboratórios da universidade na perspectiva da Aprendizagem Significativa, mostrando-se potenciais como organizadores prévios no processo de consolidação dos subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes. As análises dos questionários e dos diários de campo possibilitaram a verificação das repercussões

dos desenvolvimentos das atividades, tanto em relação as concepções dos estudantes quanto a aprendizagem por eles assimilada. Proporcionou também o desenvolvimento das sequências didáticas, produto dessa dissertação, segundo a estruturação e utilização dos vídeos de FMC e das visitas aos laboratórios da UTFPR.

7 – REFERÊNCIAS:

ALBERTI, T. R. R. **Inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino de física: Elaboração de uma unidade didática com foco em Nanociências e Nanotecnologia**. Dissertação (Mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. <Em processo de registro no repositório da UTFPR>

ANGOTTI, J A. P. **Ensino de Física com TDIC** [online]. 1ª edição. Florianópolis,

ARIMOTO, M. M.; BARROCA, L.; BARBOSA, E. F. Recursos Educacionais Abertos: Aspectos de desenvolvimento no cenário brasileiro. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 2, 2014.

ARROIO, A.; GIORDAN, Marcelo. O Vídeo Educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**, v. 24, p. 8-12, 2006.

BEZERRA Jr *et al.* Tecnologias livres e Ensino de Física: uma experiência na UTFPR. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**, Vitória (ES), 2009.

BEZERRA JR, A. G. **Projeto de Pesquisa: Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC)**. Disponível em: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4784521A5>. Acesso em: 20 mai. 2017.

BEZERRA Jr. A.G.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N.; PERES, M. V.; COSSI JR, O.; MELLO, A. C.; CONCEICAO, S. A. H. Uma Abordagem Didática do experimento de Millikan utilizando videoanálise. **Revista Acta Scientiae**, v. 17, p. 813, 2015.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL, **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, v. 2., 2002.

CALHEIRO, L. B.; GARCIA, I. K. Proposta de inserção de tópicos de Física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 19(1), pp. 177-192, 2014. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, Brasil.

CARDOSO, S. O. O. **Ensinando o Efeito Fotoelétrico por meio de simulações computacionais: Elaboração de roteiro de aula de acordo com Teoria da Aprendizagem Significativa**. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Minas Gerais. 2011.

CONCEIÇÃO, S. A. H. **Portal de divulgação científica ciência curiosa: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1029>. Acesso em 29 de junho de 2016.

CUPANI, A.; PIETROCOLA, M. A Relevância da Epistemologia de Mario Bunge para o ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. especial, p. 100-125, jun. 2002.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. [online]. 2012, vol.34, n.2, pp.1-7. ISSN 1806-1117. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172012000200013>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L. Novas abordagens do conteúdo física moderna no ensino médio do brasil. IN: **Anais do IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**. Caxias do Sul, 2012.

ESPANHOL, E. **As Concepções Dos Alunos Do Ensino Médio Sobre O Conteúdo De Ligações Químicas: uma análise nos livros didáticos através da prática**

educacional do Sesi/Pr. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2313/1/CT_PPGFCET_M_Espanhol%2c%20Evandro_2017.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2017.

FERNANDES, G; RODRIGUES, A; FERREIRA, C. Módulos temáticos virtuais: uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e o uso das TICs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 934-962, out. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p934>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

HEIDEMANN, L. A., ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, nº 1, 2016.

LOCH, J. **Física Moderna e Contemporânea no planejamento de professores de Física de escolas públicas do estado do Paraná.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/27389>. Acesso em 12 maio 2017.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. D. Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2009.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, 2007.

MARQUES, J. P. A “observação participante” na pesquisa de campo em Educação. **Revista Educação em Foco**, ano 19, n. 28, mai. /ago. 2016, p. 263-284.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D. Ensino de Física e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: Uma Análise da Produção Recente. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0529-1.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2017.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, 2002.

MELO, R. B. F. A Utilização das TIC'S no processo de Ensino e Aprendizagem da Física. In: **Simpósio de Hipertexto e Tecnologias na Educação**, 3, 2010, Recife, PE. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.nehte.com.br/simposio/anais/Anais-Hipertexto-2010/Ruth-Brito-de-Figueiredo-Melo.pdf>. Acesso em 07 de junho de 2017.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. In: **Boletín de Estudios e Investigación**, n. 6, p. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição 2010.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, Brasil, 2009 | 2016.

MOREIRA, M. A.; NARDI, R. O mestrado profissional na área de Ensino de Ciências e Matemática: alguns esclarecimentos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, n. 3, 2009.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Editora Moraes, 1982.

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(1), pp. 23-48, 2000.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares**. Curitiba: 2008

PARISOTO, M. F.; MOREIRA, M. A.; KILIAN, A. S. Efeito da aprendizagem baseada no Método de Projetos e na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa na retenção do conhecimento: uma análise quantitativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2110>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

PEREIRA, F. C.; SCHUMACHER, E. Hands-on-tec e a Aprendizagem Significativa de conceitos de Física Moderna e Contemporânea. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 3(2), pp. 22-34, 2013

PEREIRA, R. O.; AGUIAR, O. Ensino de Física no nível Médio: Tópicos de Física Moderna e Experimentação. **Revista Ponto de Vista**, Viçosa (MG), v. 3, 2006.

PERES, M. V. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea baseado em atividades de laboratório mediadas pela utilização de um software de videoanálise e modelagem**. Dissertação (Mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1922/2/CT_PPGFCET_M_Peris%2C%20Marcus%20Vinicius_2016_1.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2017

PIETROCOLA, M.; BROCKINGTON, G. Recursos Computacionais disponíveis na internet para o ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Atas do IV ENPEC**. Bauru, São Paulo, 2003.

PIETROCOLA, M.; BROCKINGTON, G. Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências** v. 10(3), pp. 387-404, 2003

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 223-252, Florianópolis, 2016. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n1p223>>.

Acesso em: 14 ago. 2017.

SCHÄFER, E. D. A. **Impacto do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS na prática docente: um estudo de caso**. Tese (Doutorado em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/78481>. Acesso em 29 de junho de 2016.

SIEVERS, T. R.; SAAVEDRA, N.; A.G. Bezerra Jr. O Instituto Nacional de Diagnósticos em Saúde Pública como tema motivador para aulas de biologia no Ensino Médio. **Revista Práxis Online**, v. Esp., p. 263-267, 2013.

SOUZA, C. R.; ARANTES, A. R.; STUDART, N. O amadurecimento metodológico e o uso das TICS: um estudo de caso com professores de Física. II **Congresso Internacional TIC e Educação**, 2012.

TIRONI, C. R., SCHMIT, E.; SCHUHMACHER, R. N.; SCHUHMACHER, E. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC** Águas de Lindóia (SP), 2013.

UNESCO. **Recursos Educacionais Abertos**. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/es/communication-and-information/access-to-knowledge/open-educational-resources/>>, acesso em 10 fev. 2017.

WATANABE, G.; KAWAMURA, M. R. D. Um Sentido Social para a Divulgação Científica: Perspectivas Educacionais em Visitas a Laboratórios Científicos. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.8, n.1, p.209-235, 2015.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. **Revista Brasileira de Ensino Física**. [online], v. 23, n. 2, pp. 215-225, 2001. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172001000200013>>. Acesso em: 30 de maio de 2017.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura** [online]. 2005, vol.57, n.3, pp.21-24.

Disponível

em:

<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252005000300014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 jul. 2017.

ANEXOS

APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA

SOLICITAÇÃO À DIRETORIA DA ESCOLA SESI AFONSO PENA EM SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

Eu, **Márcia Rodrigues Gonçalves**, Coordenadora do Colégio de São José dos Pinhais **Afonso Pena**, autorizo a mestrandia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, do Programa de Pós Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica do Paraná – FCET – UTFPR, Talita Vicente dos Santos, a realizar observações e análises de práticas de ensino de Física no Ensino Médio e entrevistá-los, conforme o consentimento destes. Os acessos aos dados coletados ficam restritos a mestrandia, responsável pela pesquisa, e ao seu orientador, professor Dr. Arandi Ginani Bezerra Junior

São José dos Pinhais, **01** de **julho** de **2015**.



Márcia Rodrigues Gonçalves
Diretora
Portaria nº 12/2015
Colégio SESI - Afonso Pena - Ensino Médio

APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO SOBRE EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS



Evolução dos Modelos Atômicos

Principais modelos atômicos:

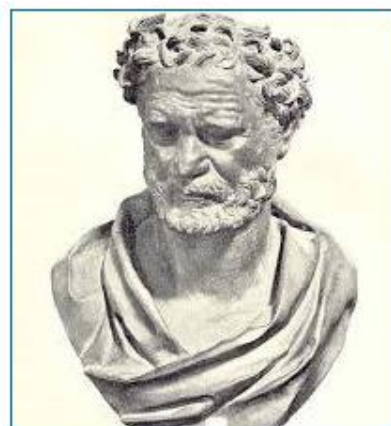
- Modelo Atômico de Dalton
- Modelo Atômico de Thomson
- Modelo Atômico de Rutherford
- Modelo Atômico de Bohr

Evolução dos Modelos Atômicos



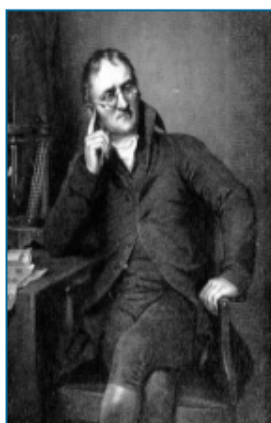
- Do que as coisas são feitas?
- O que compõe a matéria?
- Qual a menor parte da matéria?

Demócrito (século V a.C.) - Grécia
Átomo = indivisível



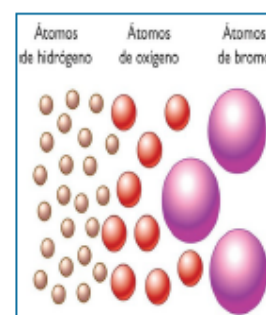
http://www.fotolog.com/pety_cobain/63563868/

Modelo Atômico de Dalton



<http://www.fotolog.com/dsartoria/>

- John Dalton (1766–1844) - Inglês dedicado à Ciência e ao Ensino.
- Modelo conhecido como "Bola de Bilhar"
- Alguns postulados de seu modelo atômico:
 - Átomos são indivisíveis, indestrutíveis, esféricos e maciços;
 - Átomos diferentes possuem massas e tamanhos diferentes;
 - Uma substância composta é formada por vários átomos (esferas rígidas) com propriedades distintas.



<http://www.nucleodoblogle.com/2013/03/o-atomo-de-dalton.html>

Interpretação de Dalton a respeito dos átomos de diferentes elementos químicos.

Modelo Atômico de Thomson



- Joseph John Thomson (1856–1940) - Físico Inglês - Recebeu o Prêmio Nobel pela descoberta do elétron.
- Modelo conhecido como "Pudim de Passas"
- Considerações sobre o seu modelo atômico:
 - Átomo é uma esfera "divisível", não maciça, composta de partículas menores (elétrons) que podem passar para outros átomos, em dadas circunstâncias.
 - As componentes da matéria tem natureza elétrica e o átomo está neutro, tem carga negativa (elétrons) e carga positiva em igual quantidade.



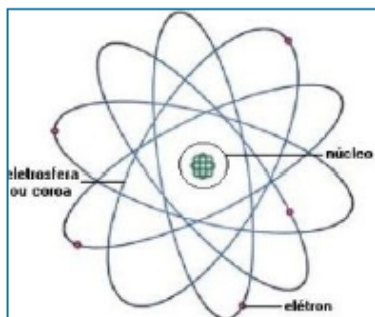
<http://mmsaidaquimica.uol.com.br/quimica-geral/modelo-atomico-thomson.htm>

Representação do Modelo Atômico de Thomson e uma analogia do modelo atômico com um panetone.



<http://www.fotolog.com/truculog/43695210/>

Modelo Atômico de Rutherford

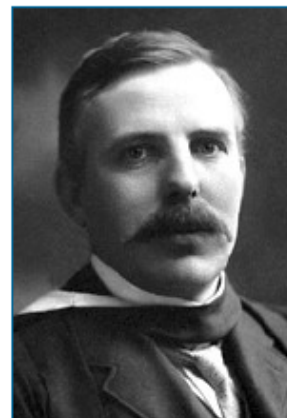


<http://www.infoescola.com/quimica/modelo-atomico-de-rutherford/>

Representação do Átomo de Rutherford—Análogo ao modelo planetário onde o núcleo corresponde ao Sol e os elétrons aos planetas.

- Ernest Rutherford (1871–1937) - Físico e Químico Neozelandês, ficou conhecido por seus estudos sobre Radioatividade.
- Conhecido como "Modelo Planetário"
- Através de uma experiência com partículas radioativas e uma folha de ouro, concluiu que:

- O átomo é composto por um pequeno núcleo positivo, que concentra a maior parte da sua massa, e é ao seu redor há uma região chamada de eletrosfera, onde ficam os elétrons e onde há muitas regiões 'vazias'.

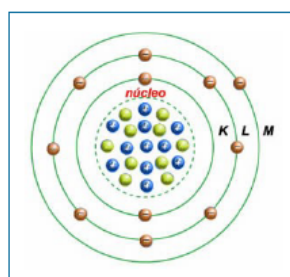


http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1908/rutherford-bio.html

Modelo Atômico de Bohr



<http://www.fotolog.com/flordecopenhagen/7775014/>



Representação do Átomo de Bohr—também chamado de Modelo de Rutherford-Bohr. Eletrosfera configurada em níveis energéticos.

- Niels Henrik David Bohr (1885-1962) - Físico Dinamarquês dedicado aos estudos sobre Física Quântica.
- Aprimorou o modelo de Rutherford, logo o modelo atômico foi chamado de "Rutherford-Bohr".
- As considerações mais relevantes desse modelo são:

- Os elétrons têm energias quantizadas que correspondem a suas posições na eletrosfera.

- São 7 as camadas energéticas na eletrosfera que são representadas por: *K, L, M, N, O, P e Q*.

Modelo Atômico de Bohr



- A mudança de níveis energéticos (saltos quânticos) para os elétrons só ocorre com o ganho ou perda de energia - liberação ou absorção de fótons.

- Para calcular a variação de energia (ΔE) sofrida por um elétron num salto quântico, usa-se a expressão matemática:

$$\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}}$$

- A energia de um fóton pode ser calculada por:

$$E_{\text{fóton}} = h \cdot f = \Delta E$$



https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo_de_Bohr

Representação dos saltos quânticos na órbitas eletrônicas segundo o Modelo do Átomo de Rutherford-Bohr.

Espectros luminosos

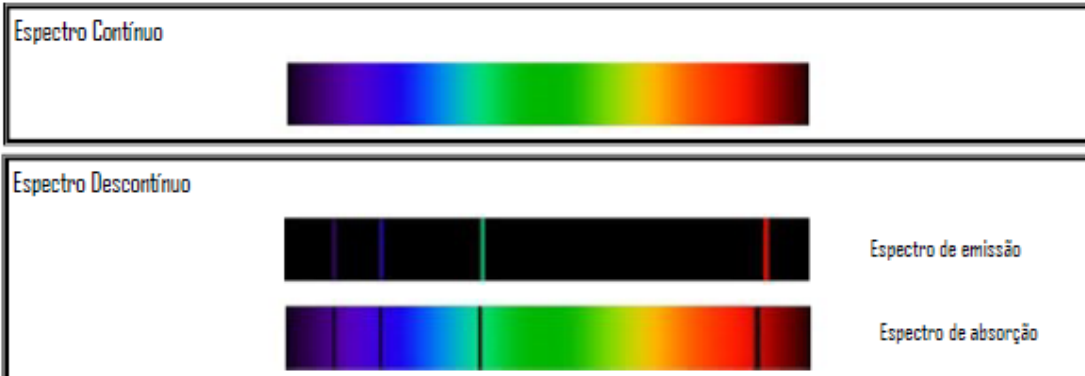


- Espectro é o nome dado ao conjunto de fótons obtidos a partir da decomposição da luz.

- O espectro pode ser contínuo ou descontínuo (quantizado).

⇒ Espectro contínuo: é quase imperceptível a passagem de uma cor para outra.

⇒ Espectro descontínuo: são formadas raias luminosas visivelmente separadas, notando-se a separação das cores.



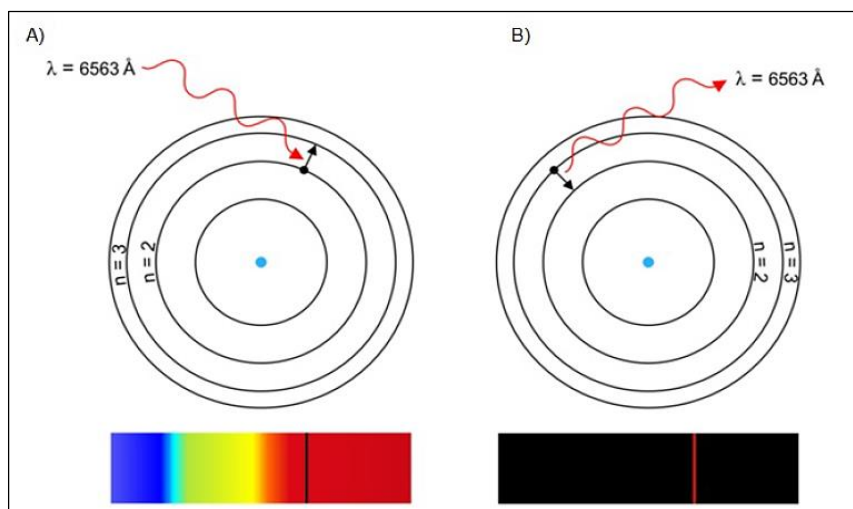
<http://fisicaequimica.blogspot.com.br/2010/11/tipos-de-espectros.html>

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PÓS-ATIVIDADE DOS VÍDEOS

Nome: _____ Equipe: _____ E-mail: _____

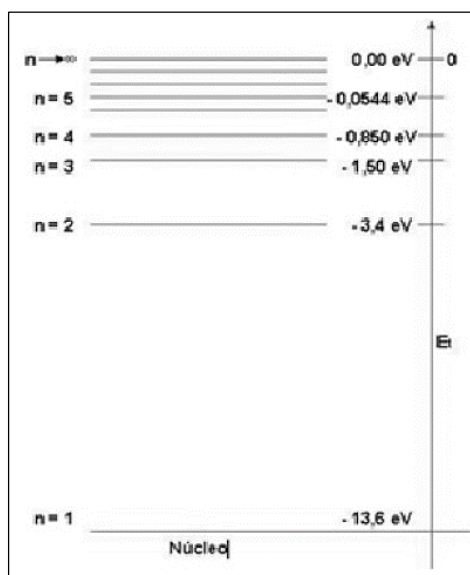
Aula 1 – Linhas espectrais

1) Observe as imagens:



Interprete as imagens A e B, explicando o seu significado. Dê o maior número de detalhes que puder fornecer:

2) Observe o diagrama de energia do átomo de hidrogênio e responda a próxima questão:



Descreva o que ocorre com a energia dos níveis eletrônicos quando o número n torna-se muito grande. Use o diagrama como referência para formular sua resposta:

3) Um átomo emite um fóton quando um dos seus elétrons:

- a) colide com outro de seus elétrons.
- b) é removido do átomo.
- c) faz uma transição para um estado de menor energia.
- d) faz uma transição para um estado de maior energia

4) Sabendo que o hidrogênio possui apenas um elétron, ao observarmos o espectro do átomo de hidrogênio, explique porque o espectro do hidrogênio tem tantas linhas:

5) Você acredita que a utilização do vídeo sobre o experimento das linhas espectrais pode auxiliar na sua compreensão sobre o fenômeno? Justifique:

6) Quais os pontos positivos do vídeo utilizado em sala de aula? E os pontos negativos? Relacione ao menos três aspectos de cada ponto de vista:

7) Sobre o experimento da Linhas Espectrais, qual sua avaliação quanto a relevância do

tema escolhido? E como você julga sua aprendizagem sobre o tema?

Aula 2 – Experimento de Millikan

1) Qual foi a constatação importante que Millikan chegou, a partir de seu experimento? Quais foram as consequências de sua descoberta?

2) Quais foram as relações físicas utilizadas por Millikan para a realização do seu experimento? Justifique a escolha sobre os materiais utilizados.

3) Como a utilização do vídeo sobre o experimento de Millikan pode auxiliar na sua compreensão sobre o fenômeno? Comente:

4) Relacione e comente aspectos positivos e negativos que você percebe a partir da utilização do vídeo como estratégia para trabalhar o conteúdo:

5) Qual sua auto avaliação do aprendizado sobre o tema do Experimento de Millikan? Este tema é relevante para sua aprendizagem?

Aula 3 – Experimento do Efeito Fotoelétrico

1) Quais são os aspectos que influenciam na ocorrência do Efeito Fotoelétrico?

Destaque esses fatores:

2) Função trabalho é:

- a) Energia de um fóton, que o elétron pode absorver
- b) Energia que o elétron recebe para movimentar-se
- c) Energia de ligação das moléculas do condutor
- d) Energia mínima para que os elétrons sejam ejetados da placa metálica

3) Cite alguns exemplos de aplicações para o Efeito Fotoelétrico e comente como esse desenvolvimento tecnológico influenciou o mundo moderno?

4) A utilização do vídeo sobre o experimento do Efeito Fotoelétrico pode auxiliar na sua compreensão sobre o fenômeno? Como você julga a utilização dos trechos desse vídeo? Comente:

5) A partir da utilização do recurso do vídeo como auxiliar para a compreensão do Efeito Fotoelétrico, comente sobre os aspectos positivos e negativos da utilização do vídeo.

6) Como você avalia a relevância do tema Efeito Fotoelétrico? E como você avalia sua aprendizagem sobre o tema no decorrer dessas aulas?

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIOS PRÉ E PÓS-VISITAS AOS LABORATÓRIOS

PRÉ-ATIVIDADE DE VISITA AO LABORATÓRIO

Nome: _____ Equipe: _____ E-mail: _____

- 1) Você já visitou um laboratório de pesquisa e divulgação científica? Qual?
- 2) O que é Física Moderna e Contemporânea? Qual sua importância?
- 3) Você sabe o que é um elétron? Explique:
- 4) O que você entende por difração de elétrons?
- 5) Qual importância do experimento de difração de elétrons? Você conhece alguma aplicação tecnológica para esse experimento?
- 6) Você sabe como a carga do elétron foi descoberta?
- 7) Você conhece alguma aplicação tecnológica associada a essa descoberta?
- 8) Como você associa o experimento da Difração de elétrons e o experimento de Millikan com a Física Moderna?

PÓS-ATIVIDADE DE VISITA AO LABORATÓRIO

Nome: _____ Equipe: _____ E-mail: _____

- 1) Você já visitou um laboratório de pesquisa e divulgação científica? Qual?
- 2) O que é Física Moderna e Contemporânea? Qual sua importância?
- 3) Você sabe o que é um elétron? Explique:
- 4) O que você entende por difração de elétrons?
- 5) Qual importância do experimento de difração de elétrons? Você conhece alguma aplicação tecnológica para esse experimento?
- 6) Qual a importância do experimento de Millikan para a Ciência?
- 7) Você conhece alguma aplicação tecnológica para o experimento de Millikan?
- 8) Como você associa o experimento da Difração de elétrons e o experimento de Millikan com a Física Moderna?