



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA**

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**O ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO
MÉDIO UTILIZANDO EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO**

LUIS CLAUDIO SALES MORAIS

BRASÍLIA

2015



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

O ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO
MÉDIO UTILIZANDO EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

LUIS CLAUDIO SALES MORAIS

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim a ser apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA
2015

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUIS CLAUDIO SALES MORAIS

O ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim
(Presidente)

Prof. Dr. Ademir Eugênio de Santana
(Membro interno vinculado ao programa – IF UnB)

Prof. Dr. Sérgio Costa Ulhoa
(Membro externo não vinculado ao programa – IF UnB)

Prof. Dr. Sebastião Carneiro Portela
(Membro externo não vinculado ao programa – SEEDF)

FICHA CATALOGRÁFICA

MORAIS, Luis Claudio Sales.

Física – O ensino de conceitos de física quântica no ensino médio utilizando experimentos de baixo custo / UnB, Brasília, 2015.

96 P.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Física/Química.

Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

1. Educação em Ciências. 2. Ciências – Estudo e Ensino. 3. Interdisciplinaridade. 4. Química e Física. 5. História e História da Ciência. 6. Ensino de Ciências – Pesquisa – Universidade de Brasília.

Dedico este trabalho à minha esposa Débora Silmara e meus filhos Giovanna Dara e Luis Eduardo, que são a razão do meu viver, e estão sempre aguentando minhas reclamações diárias. Agradeço, também, a minha sogra Odila, meus amigos, meus colegas do Cemi e do colégio Vitória, que sempre me apoiaram e acreditaram no meu êxito. Ao meu amigo Rendisley sempre contribuindo com críticas construtivas e dividindo seus vastos conhecimentos. Não poderia deixar de citar o meu orientador Ronni Amorim, que teve uma participação decisiva para a realização e conclusão desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Capes pelo suporte financeiro.

Ao Instituto de Física da UnB.

A SEEDF pelo suporte financeiro.

A todos os meus professores que acompanharam minha trajetória.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela idealização do MNPEF.

Ao meu irmão Rubens que sempre ajudou no desenrolar de nossas vidas.

Aos meus alunos do ensino médio que são a razão para que eu continue buscando mais conhecimento na minha prática de sala de aula como professor de física.

“Na vida, não existe nada a temer, mas a entender”

(Marie Curie)

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe”.

(Leonardo da Vinci)

“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito”.

(Isaac Newton)

“Quando vejo uma criança, ela inspira-me dois sentimentos: ternura, pelo que é, e respeito pelo que pode vir a ser”.

(Louis Pasteur)

RESUMO

MORAIS, Luis Claudio Sales. **O ensino de conceitos de física quântica no ensino médio utilizando experimentos de baixo custo.** 2015. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília – Brasília/DF, 2015.

Neste trabalho, apresentamos um guia experimental que pode ser utilizado para introduzir alguns conceitos de física quântica no ensino médio. Os experimentos constantes neste guia são baseados em materiais de baixo custo e poderão ser executados em qualquer ambiente, sem a necessidade específica de um laboratório. Este guia possui roteiros de experiências, fotos dos experimentos, lista dos materiais utilizados, um roteiro para a confecção de um relatório científico e listas de exercícios que contemplam desde a quantização da energia até o efeito fotoelétrico. O produto educacional desenvolvido foi então utilizado e os resultados qualitativos e quantitativos mostraram que uma aula experimental é capaz de estimular a participação ativa dos estudantes, além de propiciar um ambiente motivador para o ensino aprendizagem, revelando habilidades que os estudantes, enquanto ouvintes não possuem a oportunidade de praticá-las.

Palavras-chaves: Guia experimental, Experimentação, Física Quântica, Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

MORAIS, Luis Claudio Sales. **The teaching of quantum physics concepts in high school using cheap experiments.** 2015 96 f. Thesis (MS) - University of Brasilia - Brasilia / DF, 2015.

In this work we present an experimental guide for the student and for the teacher to introduce some concepts of quantum physics in high school, using inexpensive materials and can run on any environment without the specific need for a laboratory. This guide features the experiences of scripts, photos of experiments, bill of materials, a road map for making a scientific report and lists of exercises since the energy quantization to the photoelectric effect. Qualitative and quantitative results showed that a trial class is able to stimulate the active participation of students, as well as providing a motivating environment for teaching and learning, revealing skills that students, while listeners do not have the opportunity to practice them.

Keywords: Experimental Guide, Experimentation, Quantum Physics, Meaningful learning

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de alunos que estudaram física moderna (pré-teste)	46
Gráfico 2: número de alunos que já ouviram falar sobre física quântica	47
Gráfico 3: itens em que a física quântica está presente (antes das aulas)	48
Gráfico 4: itens em que a física quântica está presente (após as aulas)	49
Gráfico 5: número de alunos que conseguem explicar o surgimento de uma onda eletromagnética	50
Gráfico 6: número de alunos que conseguem explicar o surgimento de uma onda eletromagnética	50
Gráfico 7: número de alunos que conseguem explicar uma onda eletromagnética	51
Gráfico 8: número de alunos que sabem como surge uma onda eletromagnética.	51
Gráfico 9: número de alunos e o comportamento da luz. (pré-teste)	52
Gráfico 10: número de alunos e o comportamento da luz (pós-teste)	53
Gráfico 11: Como se apresenta um corpo negro quando sua temperatura interna é aumentada consideravelmente (pré-teste)	53
Gráfico 12: Como se apresenta um corpo negro quando sua temperatura interna é aumentada consideravelmente (pós-teste)	54
Gráfico 13: número de alunos e o processo de emissão de energia (pré-teste)	55
Gráfico 14: número de alunos e o processo de emissão de energia (pós-teste)	56
Gráfico 15: número de alunos e a dependência dos “pacotes” de energia (pré-teste)	56
Gráfico 16: número de alunos e a dependência dos “pacotes” de energia (pós-teste)	57
Gráfico 17: número de alunos que conhecem o efeito fotoelétrico (pré-teste)	57
Gráfico 18: número de alunos que conhecem o efeito fotoelétrico (pós-teste)	58
Gráfico 19: Número de alunos que associaram a “ejeção” do elétron no metal com a luz incidente no mesmo (pré-teste)	59
Gráfico 20: Número de alunos que associaram a “ejeção” do elétron do metal com a luz incidente no mesmo (pós-teste)	60
Gráfico 21: O desenvolvimento da tecnologia e a necessidade da física quântica (pré-teste)	61
Gráfico 22: O desenvolvimento da tecnologia e a necessidade da física quântica (pós-teste)	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	13
2.1 A Educação Bancária e a Escassez de Atividades Experimentais	13
2.2. Algumas Dificuldades Apresentadas Pelos Docentes na Aplicação de Atividades Experimentais no Ensino de Física	16
2.3 Abordagens das Atividades Experimentais.....	19
2.3.1 Atividades de demonstração.....	19
2.3.2 Atividades de verificação	21
2.3.3 Atividades de investigação	22
2.3.4. Algumas vantagens da experimentação no ensino de Física	23
3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	27
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	36
4.1 CEMI: Um Histórico	38
4.2 Um Resumo das Aulas	40
5 O NOSSO PRODUTO DIDÁTICO	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICE A.....	69
APÊNDICE B.....	73
APÊNDICE C.....	75
APÊNDICE D.....	80
APÊNDICE E.....	81

1 INTRODUÇÃO

Em nossas escolas de Ensino Médio, o ensino de Física está pautado na Física Clássica, ou seja, o ensino de Física se restringe aos construtos desenvolvidos até o século XIX. Percebemos assim um ostracismo dos conteúdos relativos à Física Moderna, os quais são insuficientemente explorados ou, até mesmo, totalmente negligenciados (TERRAZAN, 1992). Tendo em vista que a Física Quântica é base teórica dos principais artefatos tecnológicos contemporâneos, o ensino praticado torna-se distante da realidade vivida pelo discente. Nesse sentido, Machado e Nardi (2007) defendem a atualização curricular com o objetivo de formar cidadãos capazes de compreender a fundamentação de inúmeras tecnologias presentes no cotidiano, tais como o laser, os computadores e o sistema de posicionamento por satélite – o GPS, dentre inúmeros outros. Oliveira et al (2007) destacam que o ensino de Física não tem acompanhado as transformações tecnológicas ocorridas nas últimas décadas e tem se afastado cada vez mais da realidade dos estudantes. Nesse mesmo enfoque, Moreira (2007) destaca que em pleno século XXI, a física ensinada no ensino médio se restringe à Física anterior ao século XIX.

No mesmo panorama, Brockington e Pietrocola (2005) destacaram alguns motivos que fazem os conhecimentos mais modernos – como a Física Quântica – serem negligenciados nas aulas de Física. Dentre esses motivos eles apresentam como principais a má formação docente e a escassez de materiais didáticos direcionados ao ensino de conteúdos de Física Quântica. Nesse sentido, as entidades responsáveis pelo ensino de Física no Brasil, devem se preocupar com a oferta de cursos de atualização destinados a professores da educação básica, bem como com a elaboração de produtos educacionais que perfaçam a transposição didática dos conteúdos de difícil compreensão.

No contexto dos produtos educacionais que vislumbram facilitar o aprendizado de Física, destacam-se aqueles que abordam atividades experimentais. Conforme estabelecido nas ideias de Zanon e Freitas (2007), as atividades experimentais são demasiadamente importantes no ensino de Física, primeiramente por esta ser uma ciência de natureza experimental, bem como pelo fato dos

experimentos darem significado à aprendizagem de Ciências. As ideias de Gonçalves (2006) corroboram a concepção da importância das atividades experimentais, sobretudo pelo fato dessas atividades conectarem o saber científico à realidade na qual os estudantes estão inseridos. Contudo, mesmo com tamanha relevância evidenciada nas pesquisas, o uso dos experimentos no ensino de Física está cada vez mais esquecido. Nesse bojo, diversos estudos foram realizados para diagnosticar a escassez de atividades experimentais nas escolas brasileiras; assim, Pena e Filho (2009) mapearam algumas dificuldades apresentadas pelos docentes que atuam no ensino médio, dentre as quais podemos citar: falta de espaço na carga horária da disciplina, ausência de laboratório na escola, má formação dos docentes, escassez de experimentos direcionados ao ensino médio, dentre outros. Os resultados de uma pesquisa realizada por Ramos e Rosa (2008) corroboram com as dificuldades já apontadas, enfatizando que a infraestrutura predial e a falta de materiais são enormes empecilhos para a realização de experimentos.

Tendo em vista os dois graves problemas apontados nos parágrafos precedentes, o objetivo da pesquisa cujos resultados são apresentados neste trabalho foi elaborar um produto educacional contendo roteiros experimentais que contemplam conteúdos de Física Quântica, bem como analisar os resultados advindos da aplicação deste produto. O produto educacional é um material didático diferenciado, pois os experimentos sugeridos possuem relação direta com o cotidiano dos estudantes, porque explicam os princípios de funcionamento de dispositivos tecnológicos contemporâneos. Além disso, os materiais utilizados nos experimentos possuem baixo custo financeiro e são de fácil aquisição e as atividades propostas podem ser realizadas em qualquer ambiente, não sendo necessária a utilização de laboratório. Com isso, pretendemos contribuir com a inclusão de conteúdos de Física Quântica no ensino médio, bem como com materiais didáticos que tornem essa inclusão facilitada.

Nessa perspectiva, este trabalho está estruturado da seguinte forma: no capítulo 2 apresentamos a revisão da literatura; no capítulo 3 o referencial teórico; no capítulo 4 oferecemos o percurso metodológico; no capítulo 5 destacamos o produto didático; no capítulo 6 a discussão dos resultados e, por fim, apresentamos as nossas considerações finais e perspectivas.

2 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo, apresentaremos algumas ideias que permeiam a atividade de experimentação no processo ensino-aprendizagem, destacando a sua utilização no ensino de física. Enfatizaremos a importância da realização dos experimentos no contexto da aprendizagem significativa, discutindo referências bibliográficas que reverberam a relevância dessa atividade na assimilação dos conteúdos, na socialização e no desenvolvimento de criatividade por parte dos estudantes.

2.1 A Educação Bancária e a Escassez de Atividades Experimentais

Estamos no século XXI, mas apesar disso, o modelo de ensino amplamente utilizado pelos educadores nas escolas brasileiras é o tradicional. Nesse modelo, o estudante é um mero expectador e o conhecimento é tido como um conjunto de informações, as quais são transmitidas ao discente. Essa transmissão de conhecimento, na maioria das vezes, não contempla um aprendizado significativo, pois o estudante simplesmente memoriza o conteúdo por curto intervalo de tempo, não o absorvendo de forma efetiva. Nessa linha, o ensino de Física continua a ser predominantemente teórico, preso a utilização de equações, sem a preocupação com o fenômeno físico em questão, o qual deveria ser o principal pressuposto. As palavras de Bonadiman *et al* sintetizam essas impressões:

A imagem que as pessoas têm da Física é geralmente criada na escola, resultado do ensino ali praticado. O que prevalece, na prática pedagógica dos professores, é o formalismo, enquanto o contato com a fenomenologia, esse lado da Física que as pessoas consideram mais atrativo, é pouco valorizado, e por vezes até mesmo esquecido por completo. Enfatiza-se demasiadamente uma física-matemática em detrimento de uma física mais conceitual, mais experimental e com mais significado para a vida das pessoas. (BONADIMAN *et al*, 2004, p.1)

No contexto dessa discussão, Rosa *et al* afirmam que

Hoje, no início do século XXI, mais de cem anos de história se passaram desde a introdução da Física nas escolas no Brasil, mas sua abordagem continua fortemente identificada com aquela praticada há cem anos atrás: ensino voltado para a transmissão de informações através de aulas

expositivas utilizando metodologia voltadas para a resolução de exercícios algébricos. (ROSA *et al* 2005)

A Física deve ser percebida pelos alunos como uma ciência que nasceu das observações dos fenômenos da natureza. Assim sendo, o ensino de Física deve partir de fenômenos que ocorrem no cotidiano do estudante, cabendo ao professor gerenciar a explicação de tal fenômeno mediante um modelo mais adaptado a realidade do estudante. Dessa forma, o estudante poderá relacionar a teoria observada em sala de aula à realidade a sua volta, pois segundo Serafim (2001), “não é capaz de compreender a teoria o aluno que não reconhece o conhecimento científico em situações cotidianas”.

Uma maneira do professor de Física escapar desse modelo de educação bancária adotado na maioria das escolas brasileiras é por meio do uso da experimentação. Nesse bojo, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) fazem referência à experimentação no ensino de Ciências, destacando que “a experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de cada um de nós” (BRASIL, 2002, p.95). Nesse documento, aparece ainda a importante citação relacionada ao contexto da experimentação no ensino de Física:

É indispensável que [...] 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.84)

Nesta última citação, percebemos que o autor argumenta que a experimentação pode, de fato, ocasionar uma ruptura com o ensino fundamentalista amplamente utilizado nas escolas brasileiras, pois o estudante alcançaria o *status* de questionador, indagando sempre, independentemente da explicação apresentada. Essa prática pedagógica poderia refletir a ciência como algo inacabado, passível de argumentações e contribuições contemporâneas.

Convergindo às concepções apresentadas no PCN, citamos a observação de Feynman (1999) em relação a experimentação:

O teste de conhecimento é a experiência. A própria experiência ajuda a produzir essas leis, no sentido em que fornece pistas. Mas também é preciso imaginação para criar, a partir dessas pistas, as grandes generalizações – para descobrir os padrões maravilhosos, simples, mas muito estranho por baixo delas e, depois, experimentar para verificar de novo se fizemos a descoberta certa. Esse processo de imaginação é tão

difícil que há uma divisão de trabalho na física: existem físicos teóricos que imaginam, deduzem e descobrem as novas leis, mas não experimentam; e físicos experimentais que experimentam, imaginam, deduzem e descobrem. (FEYNMAN, 1999)

Para Gonçalves (2006), a grande vantagem de realizar uma atividade experimental é discutir a ciência que nela está envolvida e exemplificar como ela está presente no nosso cotidiano, permitindo a existência de uma ponte que interligue o conhecimento científico com a realidade que o aluno está inserido.

Ainda no bojo da discussão, podemos citar as palavras de Zanon e Freitas (2007), os quais afirmaram que a atividade experimental visa aplicar a teoria na resolução de problemas e dar significado à aprendizagem da Ciência, constituindo-se como uma verdadeira atividade teórico-experimental.

Araújo e Abib (2003), afirmam que as dificuldades apresentadas no ensino de Física não são privilégio da atualidade, e que por ser a Física uma disciplina cujos conteúdos exigem uma considerável abstração teórica, muitos estudantes apresentam dificuldades para compreendê-la, e devido a isso demonstram muito desinteressados pelas aulas. Para amenizar este problema, os autores defendem a experimentação como uma ferramenta frutífera para minimizar as dificuldades enfrentadas no ensino tradicional. No estudo que eles fizeram, foi realizada uma revisão dos trabalhos publicados, entre 1992 e 2001, em revistas nacionais que abordam a temática “Atividades Experimentais no Ensino de Física”. Este artigo traz como principal resultado a identificação das diferentes abordagens e finalidades que vêm sendo atribuídas às atividades experimentais, pelos pesquisadores em ensino, na sala de aula. Este trabalho enfatiza ainda, que nos últimos anos essa estratégia de ensino vem sendo o objeto de estudo de diversos autores, e que os resultados desses estudos trazem uma vasta bibliografia sobre as vantagens, a importância e as tendências que decorrem da aplicação da experimentação no ensino de Física. Por fim, Araújo e Abib destacam que, independentemente da estratégia desenvolvida, nos trabalhos revisados há uma unanimidade na defesa de que a atividade experimental é capaz de estimular a participação ativa dos estudantes e proporcionar um ambiente motivador para o ensino-aprendizagem.

Nos parágrafos anteriores foi brevemente comentado sobre as dificuldades inerentes ao ensino de Física, e ficou evidente que a utilização de atividades experimentais pode amenizar essas adversidades. Caso o professor utilize

experimentos como ferramenta de ensino, além de motivar o estudante, eles estarão o despertando para o cerne da Física, identificando-a como uma ciência cujo objetivo é a modelagem e explicação dos fenômenos da natureza. Além disso, o aprendizado seguindo essa metodologia passa a ser duradouro, pois não se baseará em mera memorização de equações para solucionar problemas. Na sequência, apresentaremos as dificuldades apresentadas pelos professores no que tange a utilização de atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de Física.

2.2. Algumas Dificuldades Apresentadas Pelos Docentes na Aplicação de Atividades Experimentais no Ensino de Física

Numa perspectiva histórica, o ensino de Física baseado em atividades experimentais se iniciou a partir da década de 1950, quando o currículo do Ensino Fundamental e Médio tornou obrigatório o ensino na disciplina. Segundo Rosa et al (2005), a aula era centrada no professor, e as atividades experimentais tinham o custo elevado e possuíam a finalidade de comprovar a teoria. Contudo, a partir da década de 1960, aconteceram algumas modificações na forma como as aulas práticas eram ministradas. Na essência, elas passaram a serem montadas pelos alunos, os quais recebiam kits relacionados ao assunto e gozavam de uma certa liberdade para concluir sobre a montagem e as regularidades do fenômeno físico observado por meio da experiência. Algumas tendências na forma de condução das atividades experimentais serão analisadas no decorrer deste trabalho. Nossa meta neste momento é apresentar queixas dos docentes acerca das dificuldades na utilização da experimentação nas aulas de Física. O levantamento de tais dificuldades foi realizado mediante a compilação de dados no trabalho desenvolvido por Pena e Filho (2009), os quais analisaram os relatos pedagógicos sobre laboratório ou atividades experimentais no ensino de Física publicados em periódicos nacionais entre os anos 1971 e 2006.

A primeira dificuldade declarada pelos docentes diz respeito à formação acadêmica que lhes foi apresentada nos cursos de licenciatura. Acerca desta temática, Grandini e Grandini (2004), afirmam que nas universidades brasileiras

alguns docentes ainda se comportam contraditoriamente com respeito ao laboratório didático, e dessa forma, a maioria deles se dedica estritamente às teorias. Assim, percebemos que na universidade se origina uma lacuna na formação dos futuros professores de física da educação básica, pois pouca ênfase é dada às atividades experimentais no decorrer da formação acadêmica desses profissionais. Convergindo às ideias de Grandini, Santos (1985), diz que os professores de Física acreditam na contribuição que a experimentação fornece ao aprendizado da disciplina; contudo, antes de qualquer outra iniciativa, gostariam de receber um treinamento adicional que lhes preparassem melhor para trabalhar essa metodologia.

Nas escolas brasileiras há profissionais que embora ministrem a disciplina de Física, não possuem formação na área. No decorrer das aulas, esses professores se atrapalham na explicação de algum conceito e apresentam dificuldades em exemplificar de modo prático o assunto, conforme é citado na pesquisa de Fernandes (2008). Atenção especial a esses profissionais foi dada no trabalho de Silva e Butkus (1985), os quais destacaram que a maior dificuldade encontrada por esses profissionais é o fato de nunca terem vivenciado uma atividade experimental durante sua formação. Assim, a oferta de cursos de aperfeiçoamento relacionados à experimentação, bem como a disponibilização de materiais adaptados à realidade escolar local, facilitaria o uso de atividades experimentais nas aulas de Física e auxiliariam na solução do problema de má formação docente.

Outro entrave à realização de atividades experimentais nas escolas brasileiras diz respeito às condições físicas prediais e à escassez de materiais, conforme constatou o estudo de Ramos e Rosa (2008), no qual os docentes participantes do estudo apontaram infraestrutura precária das escolas e à falta de materiais como um forte empecilho à realização dos experimentos nas aulas de Física. Ainda no aspecto relacionado à infraestrutura predial, foi apontado também o grave problema do excessivo número de alunos na sala de aula.

Na pesquisa de Ramos e Rosa, os docentes entrevistados também se queixaram da falta de sintonia entre os gestores da escola e os projetos de inclusão de aulas experimentais. Eles afirmaram que o desinteresse dos gestores em implementar essa atividade ocasiona uma ausência de um trabalho coletivo que envolva todos os educadores da escola, bem como desmotiva aqueles profissionais suscetíveis à realização de projetos experimentais.

No estudo supracitado, os autores também enfatizaram a queixa dos docentes em relação à falta de bibliografia para orientação, o que proporciona uma desarticulação entre a teoria e a prática. Sendo assim, a confecção de materiais didáticos sobre experimentação voltados à educação básica deve ser observada por pesquisadores em ensino de Física preocupados em diversificar as aulas e propiciar um ambiente mais favorável ao aprendizado.

Além dos empecilhos à experimentação já citados, soma-se a escassez de tempo disponível ao docente para organizar e planejar os experimentos. Grande parte dos docentes leciona uma carga horária semanal muito pesada, que é na maioria das vezes distribuída em várias escolas. Essa indisponibilidade de tempo desmotiva o docente a procurar alternativas ao ensino tradicional. Deve ser levado em consideração que o planejamento do experimento é essencial para o seu sucesso, pois a realização de uma atividade experimental não encontra sentido se tanto o docente como o estudante não compreenderem a sua finalidade, os seus métodos e os seus objetivos. Assim sendo, a falta de tempo de planejamento compromete substancialmente todo o processo ensino-aprendizagem, conforme aparece nas palavras de Rosa e Ramos.

[...] os demais apontam para a falta de preparo dos docentes no que se refere à organização do tempo em sala de aula e mostram que, de fato, uma das deficiências das escolas analisadas é a falta de planejamento adequado por parte desses profissionais. Além disso, parece que, de um modo geral, os professores ainda estão cultivando a prática de separação entre teoria e ação, o que acaba os aproximando, consideravelmente, do antigo modelo tradicionalista de ensino. (Ramos e Rosa, 2008, p. 312)

Sintetizando o que foi apresentado nesta seção, percebemos que as dificuldades vivenciadas pelos professores de Física são inúmeras, sobretudo para aqueles que diversificam o trabalho com atividades experimentais. Contudo, a procura de soluções dessas dificuldades deve ser compartilhada por diferentes segmentos. O segmento governamental deve buscar alternativas para a falta de infraestrutura, escassez de materiais e precarização do trabalho docente. Enquanto que os pesquisadores na área de ensino, devem preocupar-se em oferecer cursos de reciclagem que capacitem os docentes na aplicação de atividades experimentais, bem como em desenvolver materiais didáticos e bibliográficos voltados à realização de experimentos.

Na próxima seção, estudaremos as diferentes abordagens experimentais que são aplicadas na escola, estabelecendo as vantagens e desvantagens de cada espécie.

2.3 Abordagens das Atividades Experimentais

As atividades experimentais, desde que realizadas de forma coerente e com objetivos claros são sempre proveitosas, independente de qual seja a abordagem utilizada. Segundo Salvadego (2008), as atividades experimentais não requerem local específico, nem carga horária e, portanto, podem ser realizadas a qualquer momento, tanto na explicação de conceitos, quanto na resolução de problemas, ou mesmo em uma aula exclusiva para experimentação. A tese apresentada por Salvadego abre espaço para que discutamos algumas abordagens das atividades experimentais. Concentraremos a nossa análise na classificação estabelecida por Araújo e Abib (2003), os quais dividiram as modalidades experimentais em três tipos: atividades de demonstração, de verificação e de investigação.

2.3.1 Atividades de demonstração

Nas atividades experimentais demonstrativas, o estudante é um sujeito passivo, no sentido que a ele cabe observar os fenômenos ocorridos enquanto o professor executa o experimento. Em geral, essa modalidade da experimentação é utilizada de forma integrada às aulas expositivas, despertando o interesse do aluno e fixando os conceitos apresentados. Segundo Araújo e Abib (2003), com o uso dessa atividade, a percepção dos alunos em relação aos conteúdos apresentados é otimizada, contribuindo assim para o seu aprendizado.

Segundo Gaspar e Monteiro (2005), a maior vantagem da utilização da modalidade demonstrativa ocorre quando há escassez de recursos materiais para se realizar o experimento; além de um espaço físico limitado, inviabilizador da participação de todos os estudantes; ou quando o professor dispõe de pouco tempo

para a realização de experimentos. Assim, vinculando as ideias apresentadas por Gaspar e Monteiro às ideias da seção anterior, percebemos que algumas das dificuldades apontadas pelos professores justificando a não realização de experimentos, seriam minimizadas com a utilização da modalidade demonstrativa.

Neste tipo de atividade, o professor é o principal agente do processo; cabe a ele exercer o papel de liderança, montar o experimento, fazer questões aos alunos, executar os procedimentos, destacar o que deve ser observado e, sobretudo, fornecer as explicações científicas que possibilitam a compreensão do que é observado. Embora a interação entre os alunos não seja tão favorecida, este tipo de experimento favorece uma estreita ligação entre os alunos e o professor; e tal interação social também cria um ambiente propício à aprendizagem. (OLIVEIRA, 2010, p.147)

A maioria dos professores que utiliza a modalidade demonstrativa destaca o aspecto motivacional como o mais importante nesse tipo de atividade. Contudo, desde que sejam utilizados de forma adequada, os experimentos demonstrativos constituem uma valiosa ferramenta para proporcionar uma aprendizagem significativa. Enumeramos a seguir algumas estratégias que possibilitarão um melhor rendimento da atividade:

- O professor deve ser claro em relação aos objetivos da atividade, bem como indagar aos alunos sobre os possíveis resultados. Dessa forma, há a possibilidade do conhecimento acerca das concepções alternativas dos estudantes.
- No decorrer da atividade, o professor deve exigir que o estudante escreva em algum espaço as etapas do experimento e os acontecimentos que foram mais interessantes. Com isso, haverá maior atenção por parte do estudante.
- Quando a atividade encerrar, o professor deve indagar os estudantes sobre as possíveis explicações para o fenômeno observado. Na sequência, deve apresentar o modelo científico que explique tais fenômenos.
- Direcionar questões sobre o experimento realizado. Assim, os estudantes vincularão, mais uma vez, os fenômenos aos conceitos científicos abordados nas aulas.

Percebemos assim, que embora as atividades demonstrativas sejam fechadas, previamente definidas pelo professor, é muito importante que os estudantes entendam os objetivos dos experimentos e também o porquê da

realização de cada etapa envolvida. Muitas vezes, os estudantes não entendem a relação entre o experimento e o conteúdo da disciplina; por isso, é fundamental que o professor estabeleça esse vínculo e propicie situações nas quais o próprio estudante, utilizando o conteúdo programático da disciplina, busque as explicações para os fenômenos abordados no experimento.

2.3.2 Atividades de verificação

As atividades experimentais de verificação são aquelas empregadas com a finalidade de se verificar ou confirmar alguma lei ou teoria. Nesta modalidade de experimentação, os resultados dos experimentos são facilmente previsíveis e as explicações para os fenômenos geralmente conhecidas pelos alunos. Segundo Araújo e Abib (2003), esse tipo de atividade proporciona aos alunos a capacidade de interpretar parâmetros que determinam o comportamento dos fenômenos observados, articulando-os com os conceitos científicos que conhecem, e de efetuar generalizações, especialmente quando os resultados dos experimentos são extrapolados para novas situações. Segundo o relato de docentes que utilizam esse tipo de atividade, elas constituem um elemento motivacional aos estudantes, além de possibilitarem um ensino de Física mais concreto e realista, ajudando-os a escapar temporariamente da dicotomia quadro de giz – livro texto.

Conforme já foi destacado, as atividades experimentais de verificação necessitam da abordagem prévia do conteúdo, e por isso, devem ser realizadas após a aula expositiva. A seguir, descrevemos algumas sugestões que podem tornar esse tipo de atividade mais eficiente do ponto de vista pedagógico, quais sejam:

- O professor deve solicitar que os estudantes anotem os fenômenos observados, bem como as suas respectivas explicações científicas. Essas explicações devem estar em consonância com a teoria já estudada.
- No decorrer da atividade, o professor deve indagar aos estudantes quais seriam os resultados dos experimentos caso fosse realizada alguma modificação ou variação dos parâmetros utilizados.

- Após a realização do experimento, caso seja possível, o professor deve testar as modificações sugeridas e por meio dos resultados, conflitar com as hipóteses previamente levantadas pelos estudantes.
- O professor deve comparar os dados obtidos pelos grupos, verificar e discutir com os alunos as possíveis divergências.

Por fim, apresentamos as ideias de Oliveira acerca das vantagens da utilização das atividades de verificação:

Embora novas abordagens de aulas experimentais venham sendo relatadas atualmente, os experimentos de verificação ainda estão presentes nas práticas adotadas nas escolas, e algumas vantagens foram apontadas pelos professores para sua utilização: os estudantes podem aprender técnicas e a manusear equipamentos; aprendem a seguir direções; requer pouco tempo para preparar e executar; mais fácil de supervisionar e avaliar o resultado final obtido pelos alunos; mais fácil de solucionar problemas que possam surgir durante a execução do experimento; maior probabilidade de acerto, etc. (OLIVEIRA, 2010, p. 149)

Além das vantagens apresentadas na citação acima, podemos incluir que as atividades experimentais de verificação, devido a sua simplicidade, são adequadas aos alunos que tem pouca ou nenhuma familiaridade com aulas experimentais.

2.3.3 Atividades de investigação

As atividades de experimentação na modalidade de investigação são as mais estudadas nos trabalhos recentes sobre uso de experimentos no ensino de Física. Nessa modalidade, os estudantes assumem uma posição mais ativa em todas as etapas do aprendizado, restando ao professor o papel de mediador do processo. Segundo Gil-Perez *et al* (2005), na atividade de investigação o aluno deve projetar e identificar algo interessante a ser resolvido, mas não deve dispor de procedimentos automáticos para chegar a uma solução mais ou menos imediata; a solução, na realidade, deve requerer do aluno um processo de reflexão e tomada de decisões.

Por possuir uma característica mais aberta, nas atividades experimentais de investigação não utilizam roteiros fechados. E assim, com roteiros mais abertos, existe uma maior possibilidade do estudante intervir ao longo das etapas do procedimento experimental. Outra característica da atividade investigativa diz respeito ao tempo necessário para executar um experimento. Nessa modalidade, o

professor deve destinar um tempo bem maior que o gasto nas demais modalidades, pois deve ser incluído o tempo gasto desde a análise do problema, o levantamento de hipóteses, o preparo e execução do experimento até a análise e discussão dos resultados. Uma vantagem reside no fato que a atividade investigativa pode ser realizada na própria aula. Sendo assim, o conteúdo do qual o experimento trata não precisa ser estudado antes, pois caberá ao estudante, no decorrer da experimentação, descobrir os fenômenos, refletir sobre e explicá-los. Somente dessa forma os alunos serão de fato instigados a refletir, questionar, argumentar sobre os fenômenos e conteúdos científicos.

Segundo Borges (2002), na modalidade investigativa, o professor possui a função de mediar a atividade, seguindo os seguintes pressupostos: auxiliar os estudantes na procura de explicações para o fenômeno; questionar as ideias dos estudantes; incentivar a criatividade dos estudantes na busca das soluções; intervir em momentos de indecisão ou dúvida.

Segundo a pesquisa de Borges (2002), algumas aplicações de atividades abertas em escolas de Ensino Médio revelaram que inicialmente elas podem ser muito difíceis para alunos sem conhecimento de conteúdo e sem experiência para realização de experimentos. Por isso, Arruda e Laburú (1989), defendem que as aulas experimentais nas escolas devem partir de uma vertente mais fechada, ou seja, devem iniciar com experimentos de verificação ou demonstração, e à medida que os estudantes fossem se familiarizando com as atividades experimentais, poderiam ser propostas atividades mais abertas.

Na próxima seção, apresentaremos algumas vantagens do uso da experimentação no ensino de Física. Com isso, estabeleceremos um subsídio ao produto oriundo desta pesquisa, que consistiu na elaboração de um guia experimental contendo algumas atividades sobre Física Moderna.

2.3.4. Algumas vantagens da experimentação no ensino de Física

A utilização de atividades experimentais apresenta inúmeras vantagens no processo ensino-aprendizagem de Física. A cada nova pesquisa que é realizada sobre este tema, as vantagens já conhecidas são evidenciadas e novas ideias

surgem. Freire (1997) já apostava na experiência de ensino não-formal de ciências como metodologia para a aprendizagem, ao contrário da simples memorização da informação, o método que geralmente é utilizado nas escolas. Freire (1997), afirmou ainda que para compreender a teoria é preciso experienciá-la; portanto, a realização de experimentos é ferramenta para que o aluno estabeleça a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática.

As palavras de Seré, Coelho e Nunes (2002) esboçam algumas vantagens do uso das atividades experimentais, conforme vemos na sequência:

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens”, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. O aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento. (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2002, p.39)

A seguir, elencamos algumas vantagens atribuídas às atividades experimentais no ensino de Física, compiladas do estudo de Oliveira (2010), quais sejam:

As atividades experimentais:

- motivam e despertam o interesse dos alunos;
- desenvolvem a capacidade de trabalhar em grupo;
- desenvolvem a iniciativa pessoal e a capacidade de tomada de decisões;
- estimulam a criatividade;
- aprimoram a capacidade de observação e o registro de informações;
- desenvolvem a análise de dados e a proposição de hipóteses para os fenômenos;
- possibilitam o aprendizado de conceitos científicos;
- contribuem na detecção e correção de erros conceituais dos estudantes;
- auxiliam na compreensão da natureza da ciência e do papel do cientista numa investigação;
- auxiliam na compreensão das relações entre ciência, sociedade e tecnologia;

- aprimoram habilidades manipulativas.

Imerso no contexto das vantagens da experimentação, devemos destacar que a experimentação não pode ser simplesmente considerada a estratégia metodológica principal do ensino, mas desempenharia, juntamente com outras, o papel de contribuir para o desenvolvimento do pensamento científico. Por exemplo:

[...] ajudar a compreender as possibilidades e os limites do raciocínio e procedimento científico, bem como suas relações com outras formas de conhecimento; criar situações que agucem os conflitos cognitivos no aluno, colocando em questão suas formas prévias de compreensão dos fenômenos estudados; representar, sempre que possível, uma extensão dos estudos ambientais quando se mostrarem esgotadas as possibilidades de compreensão de um fenômeno em suas manifestações naturais, constituindo-se em uma ponte entre o estudo ambiental e o conhecimento formal. (AMARAL, 1997, p. 14)

Apesar de todas as vantagens do uso de experimentos no ensino de Física já apontados, não é unânime a posição dos autores em relação à relevância de tal metodologia. Hodson (1994) aponta alguns problemas relacionados à experimentação, dentre os quais destacamos os seguintes:

- (i) Segundo o autor, nem todos os discentes sentem-se motivados com a realização de experimentos, no sentido que alguns tem aversão a esta metodologia. Sendo assim, não há razão para os docentes ampararem a importância da realização de experimentos apenas nessa justificativa;
- (ii) Para o autor, alguns experimentos desenvolvidos como uma receita de bolo não são eficazes na promoção do aprendizado. É necessário que os estudantes compreendam o que estão fazendo e para quê estão executando cada passo, pois assim o potencial instigador do estudante pode ser ativado;
- (iii) É imprescindível que o docente tome precauções quanto à segurança dos estudantes no decorrer dessas atividades, pois na maioria das atividades experimentais, as normas de segurança são preteridas em relação aos outros quesitos.

Sendo assim, diante das diversas vantagens apresentadas, é recomendado que os professores de Física se esforcem para trabalharem os conteúdos com um enfoque experimental, pois independentemente da modalidade experimental

utilizada, a realização de atividades experimentais pode contribuir bastante no processo ensino-aprendizagem, tornando o ato de aprender mais duradouro, com maior criticidade, possibilitando assim uma aprendizagem significativa. Por isso, a nossa proposta neste trabalho é apresentar um produto educacional que consiste num guia experimental de algumas atividades pertinentes ao arcabouço da Física Moderna. Dessa forma, no próximo capítulo, apresentaremos o nosso referencial teórico, o qual será amparado nas ideias da aprendizagem significativa.

3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Neste capítulo, apresentaremos as ideias de Ausubel acerca do conceito de aprendizagem significativa, destacando os principais pontos da teoria, bem como suas consequências no processo ensino-aprendizagem, sobretudo na metodologia da experimentação no ensino. Sendo assim, o nosso intuito neste capítulo é relacionar as ideias sobre aprendizagem significativa às atividades experimentais.

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Paul Ausubel, afirma que a aprendizagem ocorre a partir de conteúdos que indivíduos já possuem na estrutura cognitiva. Em outras palavras, aprendizagem significativa é um processo no qual um novo conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária e não literal (substantivada) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no decorrer da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito. Segundo Ausubel (1963), a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo do conhecimento. A aprendizagem significativa se diversifica da aprendizagem mecânica por meio da relacionabilidade à estrutura cognitiva; enquanto na aprendizagem significativa essa relação é não arbitrária e substantiva, na aprendizagem mecânica a relação é arbitrária e literal. Contudo, é relevante observar que Ausubel não faz distinção entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, pois as classifica não como duas entidades completamente opostas, e sim como um contínuo. De acordo com Moreira (2011, p.32):

A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo, a aprendizagem acabará sendo significativa; isso pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica. A aprendizagem significativa é progressiva, a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato. Ao contrário, é progressivo, com rupturas e continuidades e pode ser bastante longo. (Moreira, 2011, p. 32)

Na aprendizagem significativa, os conteúdos prévios que o aprendiz já detém deverão receber novos conteúdos que, por sua vez, poderão modificar e dar outras significações àquelas já existentes. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1983), o fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados. A esses conteúdos prévios, que constituem a estrutura cognitiva, damos o nome de subsunçores ou ideias-âncoras. Nesse bojo, para que a aprendizagem seja considerada significativa, o novo conteúdo deve estar relacionado a conteúdos prévios importantes do aprendiz, ou seja, a conceitos subsunçores relevantes. Segundo Moreira (2011, p.14), “subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura cognitiva do indivíduo, que lhe permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto”. Sendo assim, num ambiente de sala de aula, se o aluno não detiver em sua estrutura cognitiva os subsunçores para o novo conteúdo se relacionar, não será possível a aprendizagem significativa, acarretando apenas na memorização de definições, sem que haja a compreensão dos significados. A dependência entre aprendizagem significativa e subsunçores, evidencia que o professor deve ficar atento aos conhecimentos prévios dos alunos, afinal, de acordo com a exposição às situações, os alunos irão assimilar e reestruturar o conhecimento.

A importância atribuída por Ausubel à função dos subsunçores na teoria da aprendizagem significativa, estão enfatizadas na seguinte citação de Moreira:

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2012)

No cerne da discussão dos subsunçores, surge o importante conceito de material potencialmente significativo, o qual, na essência, consiste em um material que pode ser relacionado à estrutura cognitiva do aluno. O principal objetivo de um material potencialmente significativo é conseguir extrair as concepções prévias do aluno e a partir deste ponto criar situações para dar novos sentidos ao conhecimento. Um material potencialmente significativo não necessita ser algo sofisticado e repleto de tecnologia, basta cumprir a sua função-fim, a qual é relacionar os novos conteúdos estudados aos subsunçores do aprendiz,

possibilitando uma atividade significativa. Esse material pode ser uma figura, um filme, um conceito, um princípio, etc. Moreira (2013) enumerou algumas observações para que o material projetado seja potencialmente significativo, as quais apresentamos a seguir:

- o professor deve definir quais são os tópicos específicos e os conceitos principais que o aluno deve apropriar;
- o professor deve propor ou criar situações por meio de discussões, questionamentos, situações problemas para que o aluno possa externar seu conhecimento prévio;
- as propostas oriundas do professor devem ser apresentadas em nível crescente de complexidade, levando em consideração o conhecimento prévio do aprendiz, preparando terreno para o que se pretende ensinar;
- o professor deve ser mediador da aprendizagem e registrar todas as evidências que caracterizem uma aprendizagem significativa, avaliando de forma somativa e individual, durante todo o processo de implementação da aprendizagem.

Tendo em vista o apresentado no parágrafo anterior, percebemos que o material potencialmente significativo deve atuar como um ferramental para a organização dos subsunçores e na apresentação do novo conhecimento. Em resumo, um material potencialmente significativo deve despertar a vontade do aluno para uma aprendizagem significativa.

Contudo, mesmo que haja um material potencialmente significativo destinado ao ensino de determinado, não implica que o aluno terá uma aprendizagem significativa deste conceito. Para que o material seja efetivo, é necessário que os estudantes estejam dispostos a relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva; nas palavras de Ausubel (apud Moreira, 2011), “é o aluno que decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento”. Por outro lado, mesmo estando os estudantes com grande disposição para incorporar o conteúdo à sua estrutura cognitiva, caso não haja um material potencialmente significativo, a aprendizagem será mecânica. A partir desta última reflexão, surge a questão: como verificarmos se houve uma aprendizagem significativa. Para responder a este questionamento, podemos nos reportar às palavras de Moreira, as quais estão abarcadas na citação a seguir:

... ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a 'simulação da aprendizagem significativa' é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Testes de compreensão, por exemplo, devem, no mínimo, ser fraseados de maneira diferente e apresentados em um contexto de alguma forma diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional. (MOREIRA, 1999, p. 156)

As ideias apresentadas por Moreira a respeito das evidências da aprendizagem significativa convergem às ideias de Ausubel, para o qual a ocorrência da aprendizagem significativa é melhor avaliada quando o conteúdo adquirido pelo aluno está claro e preciso, e ainda, quando o aprendiz tem competência em transferi-lo a situações novas, diferentes daquelas que foram usadas para o seu ensino. As ideias de Ausubel e Moreira são antagônicas ao processo ensino-aprendizagem que normalmente ocorre em muitas escolas brasileiras, no qual os professores reproduzem, nos exercícios e nas atividades avaliativas, questões praticamente idênticas àquelas praticadas nas aulas expositivas. Não há sequer alguma tentativa de contextualização, nem diferenciação das questões, o que poderia estimular o estudante a refletir sobre o conteúdo e aplicá-lo em situações diversificadas.

De forma a caracterizar melhor a aprendizagem significativa, Ausubel a dividiu em três tipos, quais sejam: aprendizagem representacional, aprendizagem de conceitos e aprendizagem proposicional.

A aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa somente o referente que representa. Como exemplo deste tipo de aprendizagem, podemos citar o caso um estudante que conhece como força apenas um tipo específico de interação que ocorre quando empurra algo. Esse estudante não possui ainda o conceito de força, mas apenas uma representação, pois ele ainda não identificou atributos ou regularidades comuns a todos os tipos de forças.

A aprendizagem conceitual é relacionada à aprendizagem representacional. Na aprendizagem conceitual, o aprendiz percebe regularidades em eventos ou objetos, e passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo. Assim, podemos classificá-la como uma aprendizagem representacional de alto nível. Como exemplo, podemos retomar o estudante que está estudando força. A

partir do momento que esse estudante não necessita mais daquela situação particular para definir o que é uma força, pois ele já sabe generalizá-la por suas características (entidade física responsável pela variação no estado de movimento de um corpo) e alguns de seus tipos (forças de contato e forças de interação a distância), podemos dizer que a aprendizagem evoluiu de representacional para conceitual.

O terceiro tipo de aprendizagem significativa é a aprendizagem proposicional, a qual diz respeito ao significado das ideias expressas por grupos de palavras combinadas em proposições ou sentenças. Nesse caso, a tarefa da aprendizagem significativa não se reduz ao aprendizado do que representam as palavras isoladamente ou à combinação das mesmas; refere-se, ao aprendizado do significado de novas ideias expressas em forma proposicional. Resumindo, neste tipo de aprendizagem significativa, a aprendizagem é definida como uma ideia advinda dos conceitos; em outras palavras, o conceito é definido através de uma proposição, portanto, através de várias palavras. Nas palavras originais de Ausubel, esse tipo de aprendizagem é definido como:

A estrutura proposicional propriamente dita é o resultado da combinação de várias palavras isoladas que se relacionam entre si, cada uma representando uma unidade referencial. As palavras isoladas combinam-se de tal forma que compõe um todo. [...] Consequentemente, a aprendizagem representacional é básica, ou um pré-requisito para a aprendizagem proposicional verdadeira, quando então, as proposições são expressas verbalmente. (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 40)

Na óptica ausubeliana, a aprendizagem significativa pode ser classificada ainda em três formas, quais sejam: por subordinação, por superordenação e de modo combinatório. A aprendizagem significativa é denominada subordinada quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva em conhecimentos prévios relevantes mais gerais já existentes em sua estrutura cognitiva. De forma sintética, na aprendizagem significativa subordinada, o novo conhecimento interage com os subsunçores, tornando o novo cheio de significado. Como um exemplo, podemos citar um estudante que, já tendo estudado as leis de Newton e compreendido o conceito de força resultante, inicia os estudos sobre plano inclinado e associação de polias. Em busca da interpretação dos novos problemas, o estudante pode utilizar como subsunçor, o conhecimento sobre força resultante. Dessa forma, admitimos que, caso tenha havido aprendizagem significativa, esta

ocorreu por subordinação, já que o novo conhecimento interagiu com os conhecimentos prévios do estudante.

A aprendizagem significativa por superordenação ocorre quando a partir dos subsunçores se estabelece uma ideia mais geral, organizando os subsunçores como partes da ideia mais genérica. A aprendizagem superordenada envolve processos de abstração, indução e síntese. Podemos exemplificar essa forma de aprendizagem significativa a partir de um estudante que entende situações particulares como a associação de polias, o plano inclinado, e a partir desses conhecimentos prévios, generaliza e compreende a ideia da segunda lei de Newton e da força resultante.

A terceira forma da aprendizagem significativa, a aprendizagem combinatória, ocorre quando a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica que os conhecimentos originais. Ou seja, a aprendizagem combinatória pode ser compreendida como a aprendizagem de proposições mais amplas, mais gerais do que aquelas já existentes na estrutura cognitiva. Trata-se da aprendizagem de uma proposição global, não subordinada nem superordenada, por não se ligar a conceitos ou proposições específicas. Nesse contexto, Moreira (2003, p.55) diz: “A nova proposição não pode ser assimilada por outras já estabelecidas na estrutura cognitiva, nem é capaz de assimilá-las. Esta situação dá origem ao aparecimento de significados combinatórios, ou à aprendizagem combinatória”.

Na intenção de facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel prioriza os organizadores prévios, os quais são materiais propostos antes da utilização dos materiais de aprendizagem, servindo de elo entre os subsunçores e o material que almejamos ser potencialmente significativo. Nesse sentido, Ausubel propõe os organizadores prévios como um recurso instrucional para o caso em que o estudante não possui os subsunçores adequados para dar significado ao novo conceito. Não há uma definição fechada do que seria um organizador prévio, pois este elemento depende da situação particular do estudante no processo ensino-aprendizagem. Contudo, podemos exemplificar que um organizador prévio para um estudante que deve aprender sobre circuitos RLC seria um material que revisasse os conceitos de circuitos elétricos gerais, mais especificamente, um material sobre a regra das malhas de dos nós seria muito perspicaz.

Na concepção de Ausubel, existem alguns instrumentos e estratégias que facilitam a ocorrência da aprendizagem significativa. Um desses instrumentos é o já mencionado organizador prévio. Outros instrumentos importantes são os mapas conceituais e os diagramas V (Moreira, 2006). Não entraremos em detalhe com relação a esses instrumentos. E, como uma estratégia facilitadora, Ausubel destaca as atividades colaborativas. Segundo Ausubel, essas atividades, quando realizadas em pequenos grupos, são excelentes facilitadores, pois permitem o intercâmbio, a negociação de significados, e colocam o professor na situação de mediador.

Apoiados pela suposição que as atividades colaborativas podem facilitar a aprendizagem significativa, podemos inferir que as atividades experimentais, por guardarem consigo diversas características de colaboração entre os estudantes, também podem ser vistas como elementos facilitadores da aprendizagem significativa. Sobretudo, na perspectiva de Ausubel, a experimentação pode ser vista como uma estratégia para revelar os conhecimentos prévios dos alunos e, fornecer ou formalizar os subsunçores que podem subsidiar a aprendizagem de alguns conceitos. Destaca-se que a Física é uma ciência que trabalha com alguns conceitos que não são corriqueiros ou banais para os alunos, ocasionando uma série de dificuldades de compreensão. Dessa forma, a experimentação pode objetivar fornecer subsunçores relevantes para o aluno superando o limite entre o que o estudante conhece e aquilo que ele deverá aprender.

É justamente nessa vertente que este trabalho é encaminhado. Apresentamos nos capítulos posteriores o nosso produto educacional, o qual consiste em um material didático para se trabalhar experimentos relacionados à Física Moderna. De forma mais específica, o material contém roteiros experimentais que propõem atividades com a utilização de materiais de baixo custo e sensores, evidenciando a aplicabilidade de conteúdos como o efeito fotoelétrico no cotidiano do estudante. O material também contém um roteiro bem sucinto destinado ao professor, no qual elencamos algumas sugestões, dicas e locais onde o docente poderá adquirir os materiais utilizados nos experimentos. Com a aplicação de tal material, pretendemos evidenciar a ocorrência de aprendizagem significativa dos conteúdos a ele relacionados, bem como elencar evidências que caracterizem este material como potencialmente significativo.

Contudo, devemos tomar o devido cuidado de não transmitir toda a responsabilidade da proposição de aprendizagem significativa ao material e aos

recursos utilizados, pois qualquer que exija que o estudante copie, memorize e reproduza, estimulará uma aprendizagem mecânica, ou seja, a aprendizagem significativa dependerá sobretudo de uma mudança de postura do docente frente ao processo ensino-aprendizagem, conforme destaca Moreira (1999):

A facilitação da aprendizagem significativa depende muito mais de uma nova postura docente, de uma nova diretriz escolar, do que de novas metodologias, mesmo as modernas tecnologias de informação e comunicação. (MOREIRA, 1999, p.62)

Ainda segundo Moreira (2011, p.164):

Independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automático). (Moreira, 2011, p. 164)

Correlacionando as ideias de aprendizagem significativa apresentadas neste capítulo com as vantagens da realização das atividades experimentais destacadas no capítulo precedente, percebemos que a simples realização de uma atividade experimental não é suficiente para promover uma aprendizagem de fato significativa. Antes de tudo, o professor deve se preocupar com a relação entre o que vai ser ensinado e o cotidiano do estudante, pois, em geral, um conteúdo que ajuda o discente a compreender a realidade que o cerca tem mais significado, e assim pode despertar o interesse daquele que aprende. Em segundo ponto, destacamos que o professor deve se preocupar com os subsunçores dos estudantes, ou seja, deve aproveitar a oportunidade da realização do experimento para explicar aqueles conceitos de difícil compreensão. Outro importante fator, diz respeito a condução do experimento. É de suma importância que o estudante compreenda as etapas experimentais, entendendo o que de fato está medindo e para quê está medindo, pois caso o estudante apenas siga um roteiro experimental, muitas vezes sem sentido para ele, a aprendizagem estará mecanizada e a metodologia experimental perderá uma de suas principais vantagens. Nesse sentido, ao elaborarmos o nosso produto didático, o qual consiste num guia experimental de Física moderna, nos preocupamos em cada ponto descrito acima. No primeiro momento procuramos experimentos que se relacionassem com o dia a dia do estudante, e assim propusemos experimentos relacionados à eletrônica, que é um conteúdo alicerce aos utensílios tecnológicos que os nossos jovens tanto gostam. Posteriormente, construímos roteiros experimentais muito intuitivos e detalhados, afim de que o

estudante compreenda o que está realizando e ao mesmo tempo compreenda alguns conceitos que tenham ficado obscuros em outros momentos de sua vida escolar. Sendo assim, esperamos que o material proposto alcance o status de um material potencialmente significativo.

No próximo capítulo apresentaremos a nossa metodologia, bem como um relato das experiências vivenciadas em sala de aula durante a aplicação do produto educacional proposto.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, apresentamos o nosso percurso metodológico, enumerando as etapas que conduziram a nossa pesquisa. Ainda neste capítulo, descrevemos brevemente as aulas ministradas, bem como faremos uma breve narrativa sobre o histórico e a estrutura da escola na qual o produto foi aplicado.

Esta pesquisa tem caráter qualitativo, pois faremos uma análise descritiva da construção de um produto didático e da sua aplicação, analisando a mudança de performance dos alunos no entendimento de conceitos relacionados à Física Moderna.

Nosso trabalho foi realizado em uma escola pública de ensino médio, localizada na cidade do Gama, Distrito Federal. A escolha da escola foi do autor do trabalho, pois é o local onde este sujeito leciona. A escola trabalha na modalidade de ensino técnico integrado ao ensino médio, e trata-se de uma escola integral, ou seja, o aluno permanece na instituição nos turnos matutino e vespertino. Por se tratar de uma escola técnica, a aplicação do produto educacional foi facilitada, pois os estudantes já apresentavam habilidades operacionais com práticas de laboratório, oriundas de outras disciplinas práticas constantes no currículo. Uma descrição mais aprofundada sobre essa escola será fornecida na sequência.

Este trabalho foi aplicado em três turmas da terceira série do Ensino Médio, sendo que uma delas foi eleita como turma controle, ou seja, não teria aulas experimentais com o uso do produto educacional (as aulas seriam meramente expositivas). Esta turma foi escolhida ao acaso, na verdade ao seguir o horário, tratava-se da última aula naquele referido dia. Em cada turma, foram utilizadas onze horas-aula, todas no período matutino.

A metodologia deste trabalho segue as seguintes etapas:

Etapa 1: Inicialmente realizamos uma revisão bibliográfica sobre os seguintes assuntos: utilização de experimentação no ensino de Física; teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Esta etapa foi fundamental para a pesquisa, pois mediante o conhecimento do estado da arte do uso das experimentações no ensino, e ainda, as ideias de Ausubel fomentaram o desenvolvimento do material experimental proposto.

Etapa 2: Na sequência foi aplicado um questionário para identificarmos os conhecimentos prévios dos alunos, pois de acordo com a teoria de Ausubel. O questionário, disposto no Apêndice A, foi elaborado pelo autor do trabalho com a supervisão de seu orientador e tentava retratar os conhecimentos prévios dos alunos sobre conceitos de energia, física quântica e ondas eletromagnéticas. Os alunos foram orientados a responder individualmente e sem consulta, pois o mesmo não possuía respostas corretas, tratava-se da vivência de cada um até aquele momento. Este questionário foi aplicado em todas as três turmas.

Etapa 3: Nesta etapa destinamos à elaboração do produto didático. Elaboramos roteiros experimentais, nos quais propusemos a realização de experimentos de baixo custo contemplando os seguintes temas: o funcionamento de LEDs, o efeito fotoelétrico, o funcionamento de um código de barras. O produto educacional será detalhado no próximo capítulo deste trabalho e encontra-se no Apêndice E. Ainda nesta etapa, elaboramos um guia informativo sobre como redigir um relatório experimental, o qual foi anexado ao produto educacional. O produto educacional produzido contém ainda uma coletânea de exercícios sobre Física Quântica.

Etapa 4: Foi elaborada uma aula expositiva com apresentação de *slides*, disposta no Apêndice C, abordando os acontecimentos históricos sobre o conceito de energia do final do século XIX e início do século XX. A referida aula abordou os seguintes conteúdos: a evolução do conceito de energia, perpassando por conceitos de ondas eletromagnéticas (neste momento foi necessário retomar alguns conceitos de comprimento de onda, frequência, natureza das ondas e espectro eletromagnético); a contribuição de J.C. Maxwell e a radiação do corpo negro; a “catástrofe do ultravioleta”; lei de Rayleigh-Jeans; lei do deslocamento de Wien; a hipótese de Planck; a interpretação de Einstein à quantização da energia.

Etapa 5: Em seguida, elaboramos uma lista de exercícios, disposta no produto educacional, sobre os conteúdos da aula que utilizamos a apresentação de *slides*, e a aplicamos na turma W. Eles tiveram duas horas aulas para resolverem os exercícios e poderiam discutir entre si a resolução e consultar o professor. Já nas turmas X e Y fizemos uma aula de experimentação conceituando *Led's* e diodos, elementos oriundos da física quântica, e sua aplicação na construção de circuitos.

Etapa 6: Esta etapa foi destinada à aplicação das aulas. O detalhamento das aulas segue ainda neste capítulo.

Etapa 7: Nesta etapa aplicamos novamente o questionário às turmas. Por fim, selecionamos 5 (cinco) alunos das turmas X e Y (turmas que tiveram aulas experimentais) para realizarmos uma entrevista disposta no Apêndice B.

Etapa 8: Nesta etapa realizamos a catalogação e análise dos dados, as quais encontram-se no capítulo 6 deste trabalho.

Na próxima seção, apresentamos um apanhado histórico, bem como uma narrativa sobre a escola onde o produto educacional foi aplicado.

4.1 CEMI: Um Histórico

O Centro de Ensino Médio Integrado (CEMI) surgiu após uma pesquisa realizada junto à comunidade de diversas cidades do Distrito Federal, com o intuito de retomar o ensino técnico, pois, foi identificado um aumento na evasão escolar creditado ao fim do ensino técnico na rede pública do Distrito Federal; além do diagnóstico da escassez de profissionais técnicos no mercado de trabalho. Nesse caminho, a proposta do CEMI é ofertar o ensino médio integrado ao ensino profissionalizante.

Inicialmente o CEMI funcionava em uma ala emprestada de uma escola de ensino fundamental, tendo ocupado o referido espaço entre os anos de 2006 e 2008. A primeira turma não teve o privilégio de estudar no atual prédio da escola. Esses primeiros alunos foram selecionados e foram os desbravadores de uma nova modalidade de ensino. Eles, juntamente com a família, acreditaram no projeto e seguiram adiante, permitindo que hoje a comunidade tenha acesso a essa realidade. Hoje a escola possui prédio próprio e funciona na entre quadra 12 e 16, área especial do setor Oeste do Gama - DF.

Atualmente, os alunos são selecionados por meio de um concurso público que ocorre sempre no mês de dezembro. Após a seleção os alunos cursam o ensino regular e o ensino profissionalizante simultaneamente. As aulas acontecem em período integral, das 7h30 às 17h45. Neste período, 466 alunos, divididos em doze turmas de primeira à terceira série de Ensino Médio, participam das aulas do ensino médio regular e do ensino técnico em informática. Nas quartas feiras, todos os alunos possuem aulas apenas no período matutino. Os alunos de terceira série

desempenham no turno vespertino o estágio, o qual ocorre em diversos órgãos públicos do Distrito Federal.

Com uma carga horária diferenciada, os alunos participam de aulas das disciplinas comuns do ensino médio regular e disciplinas profissionalizantes. Ao final do curso além do diploma de ensino médio, todos os alunos recebem a habilitação de técnicos em informática.

Os alunos desenvolvem um projeto de iniciação científica durante todo o primeiro semestre do ano e este culmina em uma feira de ciências, denominada EXPOCEMI. O CEMI também possui diversos projetos interdisciplinares, tais como exposições competitivas de ciência, arte, música, dança, teatro, tecnologia, cultura, jogos esportivos e também simulações de empresas. Estes projetos são: SARAU; CEMI-EMPRESA; Feira das Diversidades; CEMI-CURTAS; Exposição de Aplicativos de Celular (Androide).

Anualmente, ocorre ainda uma saída de campo, onde o aluno tem uma aula diferenciada, na qual há associação entre o conhecimento e a ludicidade (diversão, uma aula a céu aberto). Em todos os instantes são acompanhados de seus professores, coordenadores, a orientadora, funcionários e também da direção da escola. Trata-se de um projeto salutar, em que mais uma vez todos estão envolvidos. Este Estudo de Campo é dividido em 3 etapas: A 1ª série participa de uma saída para o Museu do Cerrado em Goiânia, a 2ª série participa de uma visita à cidade Pirenópolis e a 3ª série faz uma visita a Chapada dos Veadeiros.

O CEMI já participou e ganhou diversas Feiras de Ciências em vários estados, tais como a FEBRACE que acontece na USP, em São Paulo - SP, a MOSTRATEC que é realizada em Novo Hamburgo - RS, a Ciência Jovem que é realizada pela UFPE, em Olinda - PE. Nessas feiras, os trabalhos do CEMI conquistaram prêmios como 2º e 3º lugar em projetos de informática pela MOSTRATEC, e menção honrosa da Unesco nas feiras FEBRACE e MOSTRATEC.

Na escola ocorre uma parceria com o CNPq e a UnB, onde alguns alunos e professores são bolsistas do PIBIC-EM. Um destaque do CEMI é a sua posição no ranking do ENEM, a qual desde 2012, encontra-se em 1º lugar entre as escolas públicas da Secretaria de Educação do DF.

O CEMI é uma escola diferenciada, mas que também enfrenta diversos problemas, assim como outras escolas públicas. Acreditamos que o diferencial da escola é a vontade que cada um tem de produzir, de fazer diferente.

Essa escola foi escolhida para a aplicação desse projeto, pois é local em que o autor deste trabalho ministra aulas de Física desde 2006 .

4.2 Um Resumo das Aulas

Nesta seção, faremos um esboço sobre as aulas ministradas nas turmas X e Y (aulas expositivas e aulas experimentais) e na turma W (apenas aulas expositivas). Foram ministradas onze aulas em cada turma, as quais continham cinquenta minutos de duração. Todas as aulas foram ministradas pelo mesmo professor (o autor da dissertação). As turmas possuem em média 37 alunos cada.

O primeiro encontro, em cada turma, foi destinado à aplicação do questionário. Para este momento foi destinada uma hora-aula.

No segundo e terceiro encontros, fizemos uma aula expositiva utilizando uma apresentação de *slides*. Essa aula teve a duração de quatro horas-aula, divididas em dois momentos, cada um com aula dupla. No início alguns alunos não gostaram, pois se tratava de aula de física, matéria de difícil entendimento e que nem está no currículo, e ainda, não haveria mensuração de nota para a aprovação. Porém ao iniciar os slides, os alunos foram se ajeitando nas cadeiras e prestando a atenção, pois naquele assunto estavam situações de seu dia-a-dia. Falamos sobre a grande revolução intelectual no século XX, a relevância da física quântica em nosso cotidiano, com aplicações que estão muito próximas dos alunos, o desenvolvimento dos equipamentos médicos para exames, seus próprios telefones celulares. Porém ao mostrarmos o mapa da riqueza, se o PIB fosse distribuído no mundo, todos olharam, os alunos prestaram a atenção e tentaram identificar os países mais ricos. Agora que tínhamos a atenção dos alunos, o trabalho foi se tornando mais agradável.

A partir de agora, iremos nos referir a turma controle como turma W, a qual teve somente aulas expositivas. As demais turmas serão tratadas por turmas X e Y, e estas tiveram aulas experimentais e quando necessário, aulas expositivas.

No quarto encontro na turma W, utilizamos duas horas-aula para resolução de exercícios e percebemos que alguns alunos se comprometeram e executaram bem a tarefa, mas uma parcela não interagiu como esperávamos.

No quarto encontro, as turmas X e Y fizeram uma aula experimental em que inicialmente eles identificaram os dispositivos elétricos: gerador, resistor, diodos, Led e a placa de contatos (*protoboard*). Foi descrito como deveriam operar um multímetro, em que posição deveria estar a chave seletora e quais as conexões dos cabos. Em seguida foi explicado como funciona o Led (Light emission diode), o diodo de silício e a necessidade de associá-los em série com um resistor. Explicamos também como fazer as ligações em um *protoboard* (muitos alunos tiveram seu primeiro contato com tais dispositivos). Percebemos que os alunos ficaram curiosos e ao mesmo tempo ansiosos para ver os Led's acendendo. Este encontro ocorreu em duas horas-aula

No quinto encontro das turmas X e Y, apresentamos e explicamos aos alunos um modelo de relatório científico. Detalhamos cada item do relatório, passo a passo e ao final, pedimos que os alunos, agora divididos em grupos de até 5 (cinco) construíssem um relatório sobre os temas tratados no quarto encontro para entregá-lo em nosso próximo encontro. Este encontro ocorreu em uma hora-aula.

Enquanto isso, no quinto encontro da turma W, demos continuidade com a resolução de exercícios. Este encontro ocorreu em uma hora-aula

Nas turmas X e Y, o sexto encontro foi destinado à introdução do “Efeito fotoelétrico”, o qual foi realizado no laboratório. Apresentamos o LDR (Light Dependent Resistor) e montamos um circuito no protoboard com um Led vermelho todos associados em série. Com a ajuda de um apontador *laser*, iluminamos o LDR e o Led vermelho acendia. Antes da experiência as cortinas estavam fechadas e a luz apagada, após a montagem do circuito, um grupo de alunos puxou a cortina e percebeu que o Led permaneceria aceso. Eles compararam estes resultados aos postes da iluminação pública. Neste encontro foram necessárias duas horas-aula.

O sexto encontro na turma W também foi introduzido o mesmo conteúdo. Para esse fim, utilizamos os recursos de uma aula tradicional (a lousa, marcadores de quadro), porém adicionamos um pouco de tecnologia. Com um *notebook* e um projetor apresentamos para os alunos uma simulação do *Phet*, disponível no Apêndice D. Em seguida lançamos uma nova lista de exercícios, disposta no produto educacional.

No sétimo encontro tivemos nossa última aula, na turma W, continuamos resolvendo os exercícios sobre “efeito fotoelétrico”. Nesta turma, os alunos já se apresentavam cansados e uma grande parcela procrastinava e não fazia as

atividades. Já nas turmas X e Y, os alunos tiveram que construir “um leitor óptico”, utilizando o protoboard, Led’s brancos e vermelhos, transistores, resistores e pilhas. Depois de pronto os alunos acharam muito divertido. Alguns grupos mencionaram que poderiam criar um banco de dados para associar as informações obtidas a partir da leitura de um código de barras. Nesse momento falamos sobre o código binário e como funcionam os leitores de preço nos supermercados. Foi um momento rico e ímpar, onde os alunos interpretaram o experimento. Segundo Araújo e Abib (2003), esse tipo de atividade proporciona aos alunos a capacidade de interpretar parâmetros que determinam o comportamento dos fenômenos observados, são as atividades experimentais de verificação aquelas empregadas com a finalidade de se verificar ou confirmar alguma lei ou teoria. Este encontro se desenvolveu em duas horas-aula em cada turma.

No oitavo e último encontro abrimos uma discussão acerca do trabalho desenvolvido nas turmas X e Y, as atividades experimentais, alguns alunos se posicionaram:

“As aulas de laboratório são melhores que aquelas que tínhamos que fazer contas.”

“Podíamos ter aula apenas no laboratório, sem a necessidade de fazer relatórios, dá muito trabalho.”

“Ainda bem que acabou, não aguentava mais mexer com aqueles Led’s.”

Após a discussão reaplicamos o questionário, onde mais uma vez solicitamos aos alunos que o fizessem sem consulta e respondessem sem a preocupação de errar. Após o pós-teste solicitamos que cinco alunos de cada turma (X e Y) respondessem a um questionário de opinião.

Na turma W, foi reaplicado o questionário (pós teste). Finalizado este, fizemos uma demonstração dos experimentos executados pelas outras turmas (uma atividade experimental demonstrativa). Ressaltamos que as listas de exercícios aplicadas em todas as turmas foi a mesma, não havendo assim diferenciação pelo fato da turma W não participar das atividades experimentais.

No capítulo 6 apresentaremos os resultados advindos das aplicações dos questionários e faremos a análise desses resultados .

5 O NOSSO PRODUTO DIDÁTICO

Conforme já foi destacado anteriormente, o nosso produto didático é constituído por roteiros experimentais sobre conteúdos de Física Moderna. A ênfase que damos ao nosso produto é que ele traz experimentos que não são usualmente disponibilizados em livros-textos usuais, embora constituam o ferramental teórico de grande parte dos dispositivos tecnológicos utilizados pelos estudantes em suas atividades cotidianas. Nesse sentido, além de propiciar que o estudante entenda princípios de Física Moderna através de atividades práticas, o material possibilita o relacionamento do conteúdo estudado na escola com a sua vida em sociedade. Outra vantagem do material é a facilidade de se encontrar os materiais necessários para se realizar os experimentos, haja vista que eles são de baixo custo. Os temas abordados nos experimentos são os seguintes: diodo semiconductor, LED, resistor LDR, transistor e o efeito fotoelétrico. Embora os roteiros tragam uma sequência de procedimentos, o estudante é livre para realizar a montagem do seu experimento no *protoboard*, ou seja, ele realmente pode vivenciar a prática experimental e de fato conhecer os dispositivos eletrônicos. Os procedimentos sugeridos funcionam como uma otimização do tempo destinado à realização da experiência, visando que os objetivos experimentais sejam alcançados. Na sequência faremos uma apresentação de cada atividade constitutiva do produto didático.

Destacamos que os experimentos apresentado em nosso produto educacional foram compilados e aprimorados a partir de outras fontes, principalmente o material produzido por Paula e Alves (2011).

As atividades propostas são um misto de atividades de verificação e atividades de verificação, pois ao mesmo tempo em que são propostos experimentos nos quais os estudantes verificarão determinado fenômeno, as atividades apresentam abertura para o estudante realizar modificações e levantar suas próprias hipóteses.

Na atividade 1, intitulada “Conhecendo os dispositivos elétricos e os LEDs”, o estudante é convidado a conhecer o funcionamento de um diodo e do LED, identificando a estrutura de cada um desses dispositivos. Além disso, é também objetivo do experimento que o estudante conheça e manipule um *protoboard*. Nesta

atividade experimental, o estudante deve ser capaz de construir circuitos elétrico em série e paralelo, e posteriormente, identificar o que ocorre com o brilho do LED em cada um desses casos. Na sequência, o estudante deve calcular a queda de tensão em cada dispositivo, neste momento ele deverá operar um multímetro, relacionando os resultados teóricos aos experimentais.

Nesta atividade, há uma boa introdução sobre o diodo para que o estudante possa entender do ponto de vista teórico, o funcionamento do diodo. Há também os materiais que serão utilizados no experimento, bem como os procedimentos colocados de forma sucinta, contemplando as três atividades que serão realizadas e conduzirão o estudante em direção às conclusões.

A segunda atividade experimental, intitulada “Fonte de tensão que pode ser modificada de modo contínuo”, é direcionada ao estudo do resistor LDR e dos transistores. O primeiro objetivo desta atividade é que o aluno construa uma fonte de tensão direta de valor variável e que em seguida entenda o funcionamento do resistor LDR, bem como suas aplicações. Outro objetivo é possibilitar o entendimento do transistor. A introdução da atividade traz uma boa fundamentação teórica sobre o funcionamento do LDR, bem como o funcionamento do transistor. Os materiais utilizados no experimento são cuidadosamente apresentados. Na sequência, os procedimentos são enumerados de forma sucinta e cuidadosa, para que os estudantes, seguindo a metodologia proposta, consigam compreender os fenômenos físicos apresentados. Uma vantagem nessa proposta é que o aluno varie manualmente o potenciômetro e visualize o resultado mediante a observação do LDR e o Led de alto brilho.

A terceira atividade, intitulada “construindo um leitor óptico”, traz como principal objetivo a compreensão do efeito fotoelétrico. Essa atividade é muito interessante, no sentido que possibilita ao estudante compreender algumas aplicações do efeito fotoelétrico, dentre as quais, sua aplicação na elaboração de leitores ópticos de códigos de barras. Essa atividade permite que o professor de Física trabalhe de forma interdisciplinar com o professor de Matemática e de Informática, já que suscita as discussões sobre o código de barras e o sistema binário. Nesse sentido, uma introdução sobre efeito fotoelétrico, código de barras e sistema binário é colocada no roteiro. Os materiais são cuidadosamente apresentados. Nota-se que os únicos materiais ausentes dos outros dois experimentos são duas cartolinas: uma branca e outra preta. Os procedimentos são

organizados de forma que o aluno possa gradualmente compreender sobre o efeito fotoelétrico e o funcionamento dos dispositivos leitores de códigos de barras.

Outro item presente no material didático é uma guia contendo as instruções de como elaborar um relatório experimental. Essa guia faz-se necessário, pois quase a totalidade dos estudantes está sendo iniciada na realização de experimentos.

No produto educacional também consta uma coletânea de exercícios que contemplam o conteúdo trabalhado, os quais foram criteriosamente selecionados.

O material didático contendo os roteiros experimentais, o guia de instruções para a elaboração de relatórios e os problemas propostos seguem no Apêndice E.

6 RESULTADOSE DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentamos os dados obtidos a partir da aplicação do questionário, antes e depois das aulas ministradas. Salientamos que o questionário aplicado foi o mesmo (pré-teste e pós-teste) em todas as turmas. Convém lembrar que estamos atuando com duas turmas com aulas experimentais (turma X e turma Y) e uma turma com aulas estritamente expositivas (turma W). Às turmas X e Y denominamos turmas experimentais e a turma W chamamos de turma controle.

De acordo com o que relatamos no capítulo referente à metodologia, o questionário (Apêndice A) foi aplicado previamente de forma individual e sem consulta a material ou aula de apoio. As turmas X, Y e W, continham, respectivamente, 30, 31 e 28 alunos.

A primeira pergunta da parte específica tratava das áreas da física estudadas pelos alunos. Podemos perceber pelo gráfico 1 que o número de alunos que estudou física moderna corresponde a aproximadamente 4,5 % (quatro e meio percentuais) em um total de 89 (oitenta e nove) alunos.

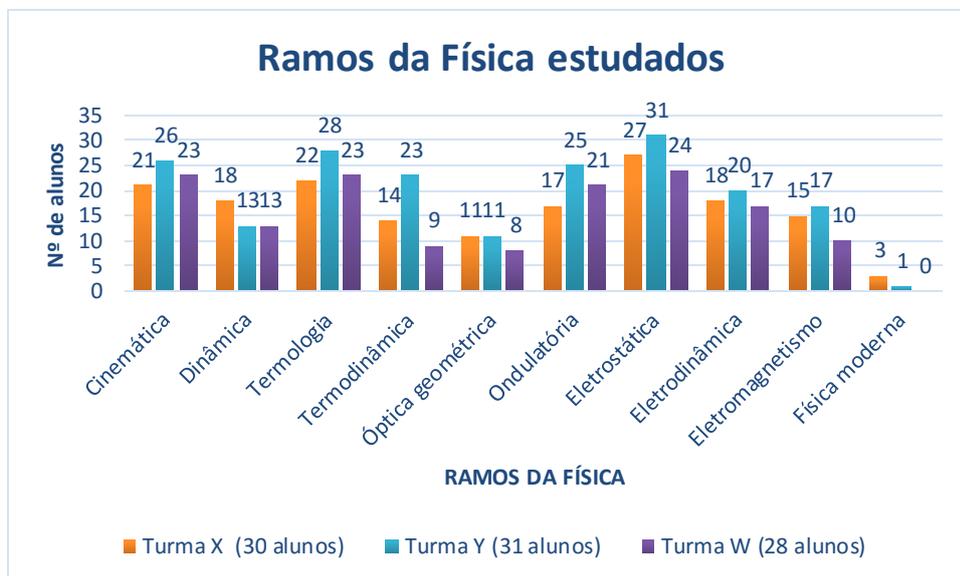


Gráfico 1: Número de alunos que estudaram física moderna (pré-teste)

O resultado evidenciado nesta primeira questão do questionário e destacado no gráfico 1, converge às ideias de Terrazan (1992), que na década de 1990 já alertava que os conteúdos relacionados à Física Moderna, sobretudo à Física

Quântica, são insuficientemente explorados ou totalmente negligenciados. Apesar de mais de vinte anos terem se passado desde a pesquisa supracitada até a nossa, percebemos que a realidade não se modificou muito. Ainda há muitas escolas nas quais não se faz menção a temas relacionados à Física Moderna. No trabalho de Machado e Nardi (2007) a atualização curricular da disciplina Física é defendida, pois os autores defendem que uma relação entre a Física e a tecnologia deve ser estabelecida no ensino médio. Oliveira et al (2007) corroboram esse posicionamento ao mencionar que o ensino de Física no ensino médio não tem acompanhado os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas. Moreira (2007) também critica a falta de contemporaneidade do currículo de Física no ensino médio. Apesar dessa defasagem curricular, os estudantes demonstram interesse em estudar temas relacionados à Física Quântica, conforme podemos perceber nos comentários de dois estudantes, os quais estão destacados a seguir:

Aluno A: “ *Eu queria muito estudar esses assuntos. Eles aparecem muito em revistas interessantes e documentários. Eu queria entender sobre isso.*”

Aluno B: “ *A física quântica explica muitas coisas do nosso dia a dia. Vi isso no programa da televisão. Por isso quero aprender sobre física quântica.*”

Continuando nossa análise dos resultados obtidos no pré-teste (primeira aplicação do questionário), o gráfico 2 evidencia que mais de 90% (noventa por cento) dos alunos já ouviram falar em física quântica, apesar de apenas 4,5% terem estudado.

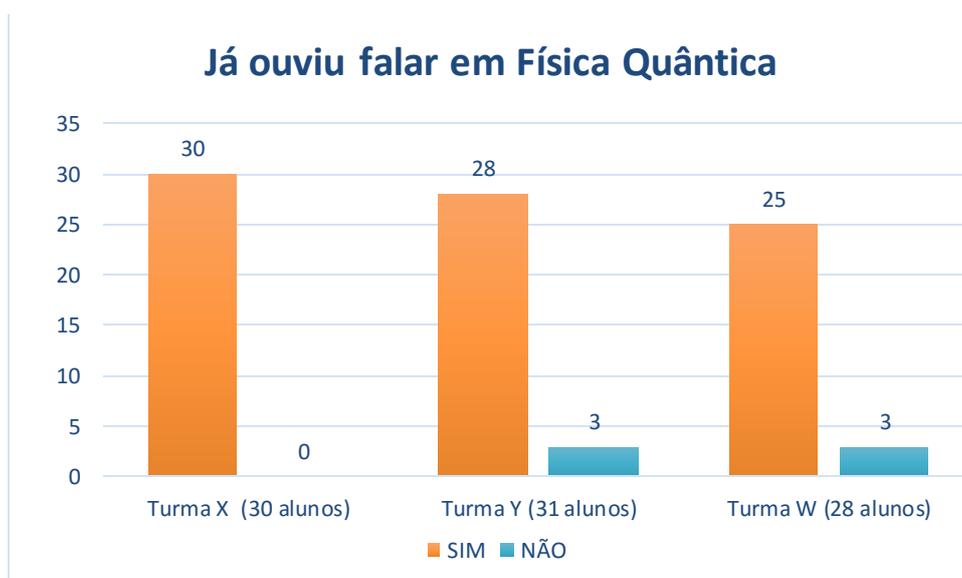


Gráfico 2: número de alunos que já ouviram falar sobre física quântica

Esse último resultado corrobora as opiniões dadas pelos estudantes à questão anterior. Ou seja, apesar de não terem estudado formalmente sobre Física Quântica, eles possuem alguma informação acerca do tema, as quais foram obtidas a partir da mídia: televisão, documentários, revistas, etc.

Tendo em vista que, embora seja negligenciada no contexto do ensino médio, a Física Quântica está presente no nosso cotidiano, na terceira questão do questionário, fizemos uma lista de itens e pedimos que os alunos assinalassem aqueles em que a Física Quântica estava presente. Essa questão, de certa forma, complementa a anterior, pois o aluno que marcou que já ouviu falar sobre o assunto, deve enumerar onde ele acha que a Física Quântica está presente. Apesar de que mais de 95% dos alunos nunca terem estudado essa área da física, acreditamos que possam ter ouvido algo sobre sua aplicação.

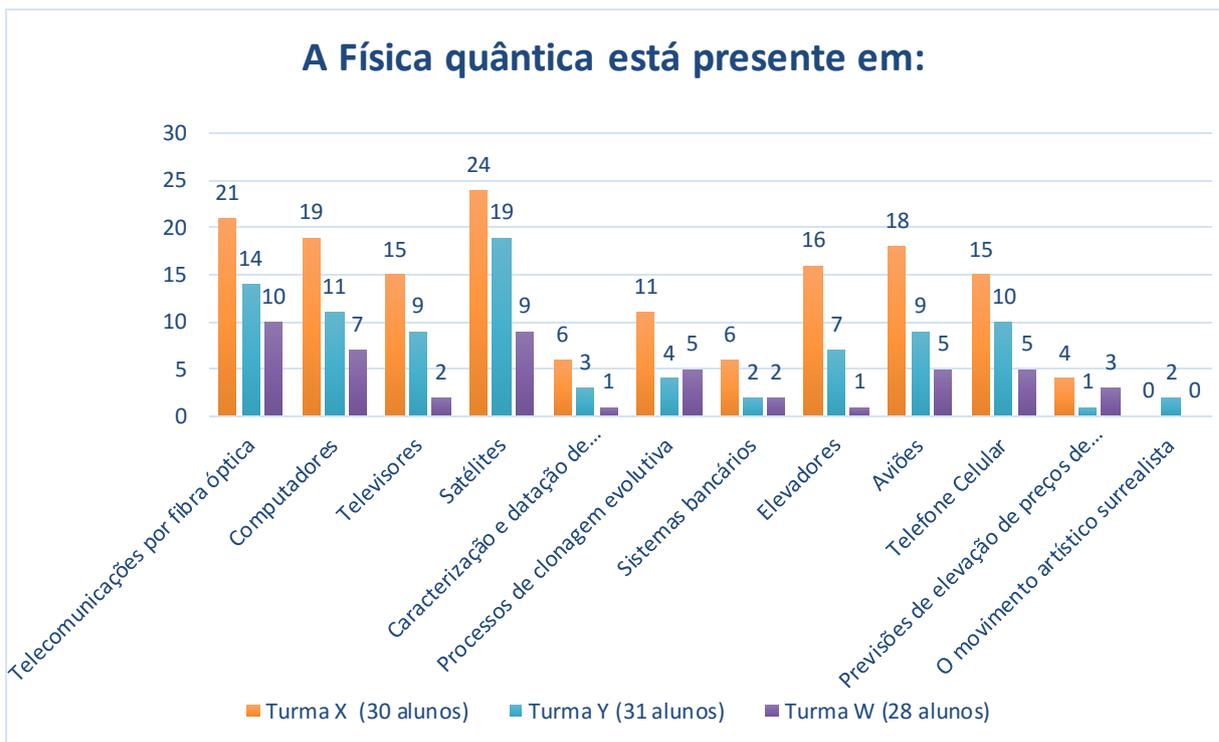


Gráfico 3: itens em que a física quântica está presente (antes das aulas)

Observando o gráfico 3, podemos perceber que telecomunicações por fibra óptica foi o segundo item com maior número de respostas, pois mais de 50% dos alunos responderam que essa tecnologia encontra embasamento teórico na Física Quântica. Esse quantitativo de estudantes que responderam equivocadamente essa questão revela que um ensino formal de Física Quântica deve ser introduzido no

ensino médio, pois assim o estudante terá subsídios para compreender a contemporaneidade social e ser um agente transformador da sua realidade. Observamos ainda que os alunos, em sua maioria, não acreditam que a física quântica está presente nos campos de economia, arqueologia e artes, pois a marcação deste item foi inferior a 15%.

Após ministrarmos as aulas, aulas estritamente teóricas na turma W e experimentais nas turmas X e Y, as respostas dos alunos sofrem algumas mudanças conforme podemos observar no gráfico 4.

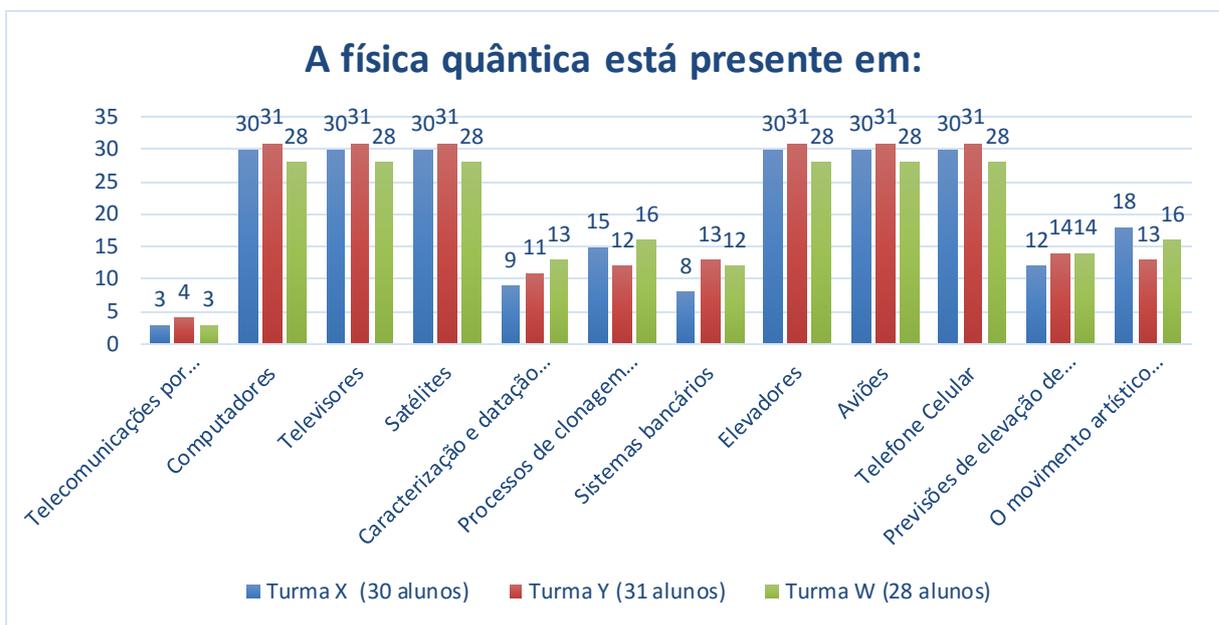


Gráfico 4: itens em que a física quântica está presente (após as aulas)

Ao analisarmos o gráfico 4, vemos que os alunos identificam as contribuições da física quântica nas áreas de tecnologia, e ainda que de 37% a 53%, conseguem perceber as contribuições da física quântica nas demais áreas citadas. E pouco mais de 11% ainda identificam erroneamente o princípio das telecomunicações por fibra óptica como aplicação da Física Quântica.

Ainda observando os resultados do gráfico 5, mesmo na turma W (não havia aulas experimentais), o resultado foi semelhante. Entendemos que, como o professor era o mesmo das turmas X e Y, a aula mesmo que expositiva, apresentou diversos pontos comuns.

A seguir temos os gráficos 5 e 6, que se referem à onda eletromagnética. Observamos que antes de ministrar as aulas, os alunos não tinham conhecimento

deste conteúdo. Apesar de que o mesmo já tenha sido abordado no ano anterior no conteúdo de ondulatória, acreditamos que ficaram lacunas a serem preenchidas no conhecimento dos alunos.

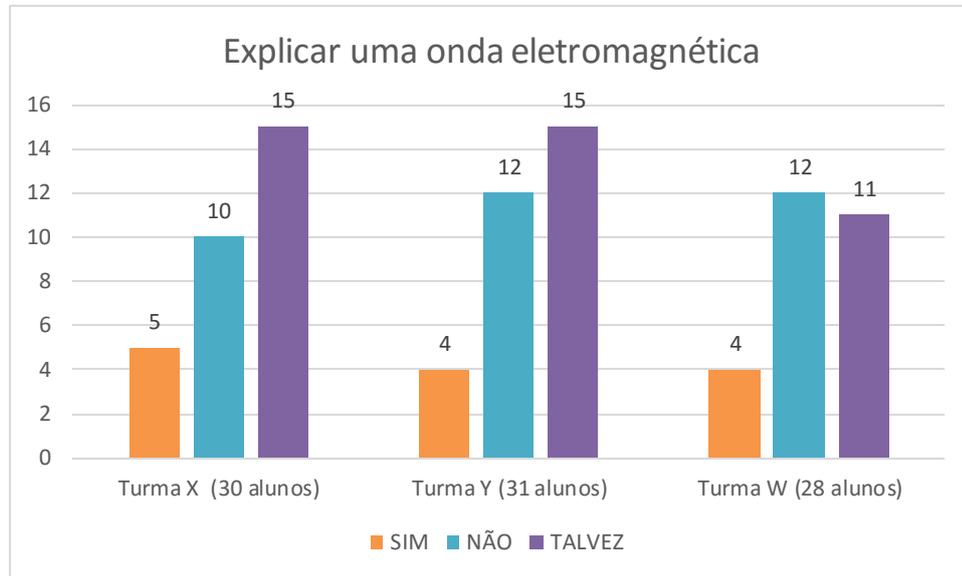


Gráfico 5: número de alunos que conseguem explicar o surgimento de uma onda eletromagnética

Abaixo segue o gráfico 6, o qual traz as respostas sobre o surgimento de uma onda de uma onda eletromagnética, o qual será discutido com mais detalhes na sequência.

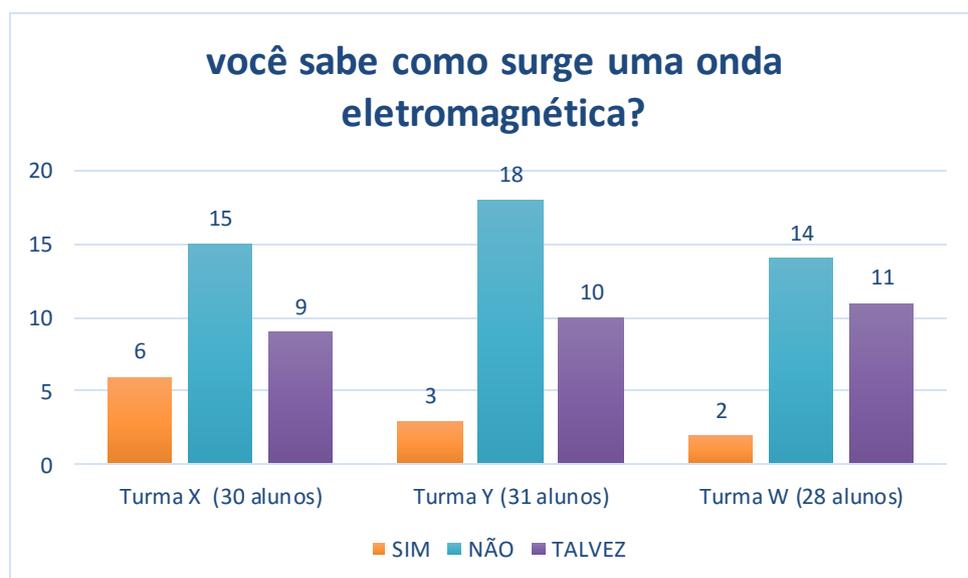


Gráfico 6: número de alunos que conseguem explicar o surgimento de uma onda eletromagnética

No decorrer das aulas, ocorreram discussões sobre temas relacionados ao eletromagnetismo. Os estudantes realizavam perguntas sobre bobinas elétricas e indução eletromagnética. Sendo assim, percebemos que houve uma melhora considerável no número de alunos que conseguiam explicar o conceito, conforme percebemos no gráfico 7.

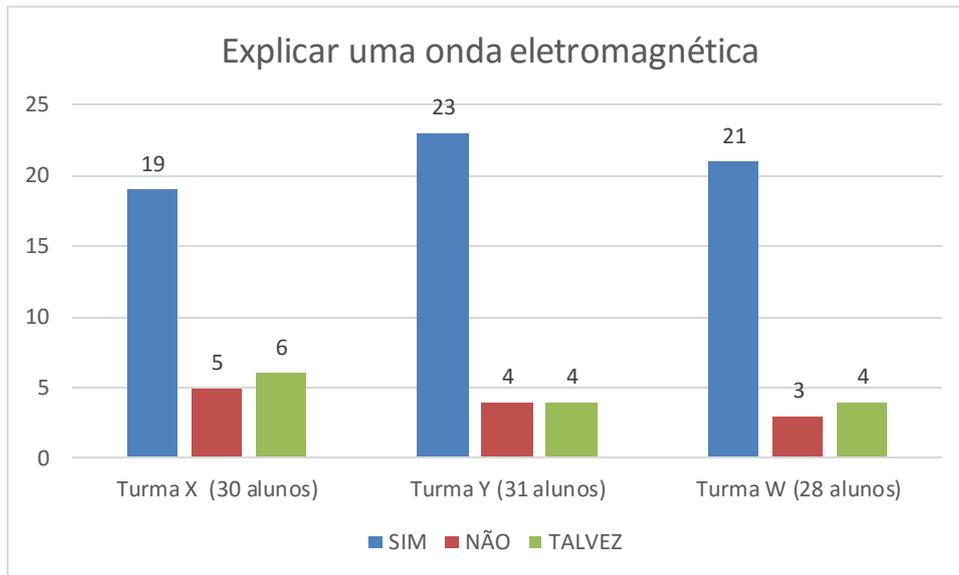


Gráfico 7: número de alunos que conseguem explicar uma onda eletromagnética

O aumento do número de alunos que consegue explicar o surgimento de uma onda eletromagnética também foi percebido no gráfico 8.

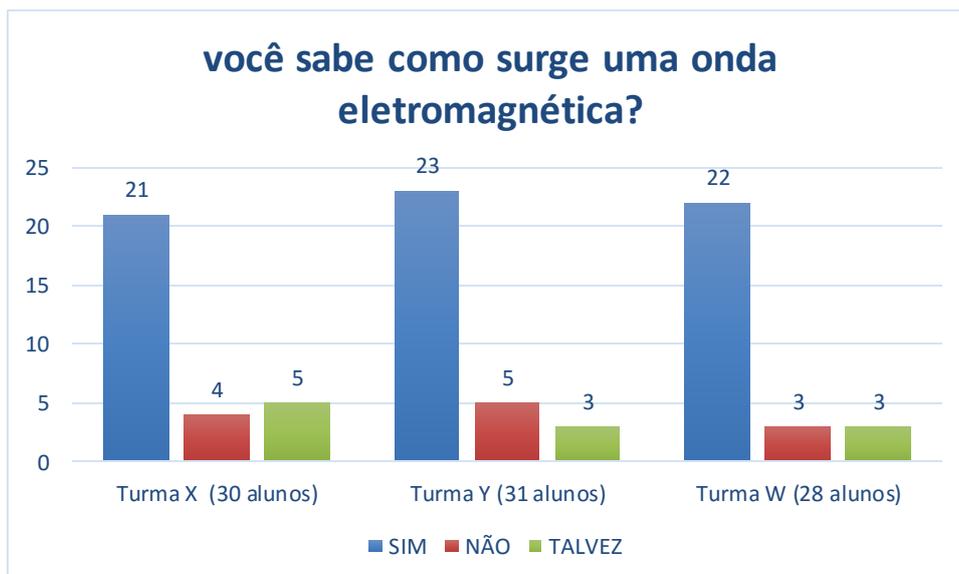


Gráfico 8: número de alunos que sabem como surge uma onda eletromagnética.

A melhoria acerca dos conceitos relacionados à ondas eletromagnéticas, evidenciados nos gráficos 7 e 8 foram mais palpáveis nas turmas X e Y, pois os relatos dos estudantes evidenciaram que as experiências foram relevantes para a compreensão destes conceitos. Os relatos estão transcritos a seguir:

Aluno A: *“O contato com as coisas das experiências me fizeram entender melhor sobre o eletromagnetismo”.*

Aluno B: *“Com a experiência eu entendi conteúdos que eu não sabia, como o elétrico e magnético.”*

O gráfico 9 traz o resultado da questão pertinente à natureza da luz referente ao pré-teste. Como os alunos até esse momento não haviam ainda estudado Física Moderna, obtivemos como resultado que aproximadamente 25% classificaram a luz tanto como onda como partícula.

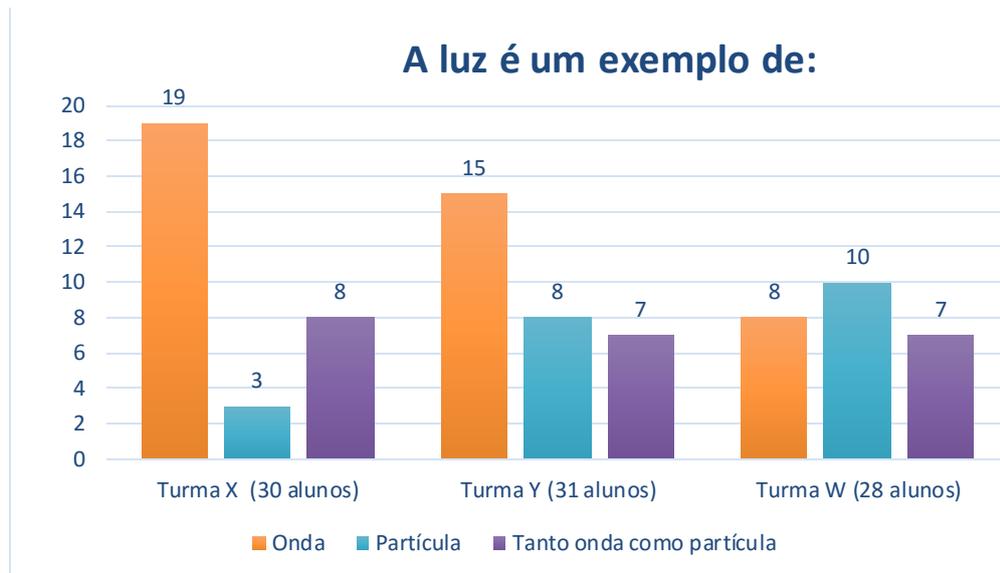


Gráfico 9: número de alunos e o comportamento da luz. (pré-teste)

O pós-teste mostrou que o número de alunos que entenderam o comportamento dual da luz corresponde a aproximadamente 75%, conforme podemos constatar no gráfico 10. Alguns alunos ainda se sentem um pouco confusos, talvez por terem sempre ouvido falar que a luz é uma forma de energia contínua.

Quando comparamos os gráficos 9 e 10, percebemos que a melhoria de compreensão da natureza da luz foi ligeiramente superior nas turmas X e Y, ou seja, nas turmas onde os experimentos foram realizados. Destacamos o fato de que a

compreensão do efeito fotoelétrico foi bastante enfatizado nos experimentos, e esse fenômeno físico revela a natureza corpuscular da luz.

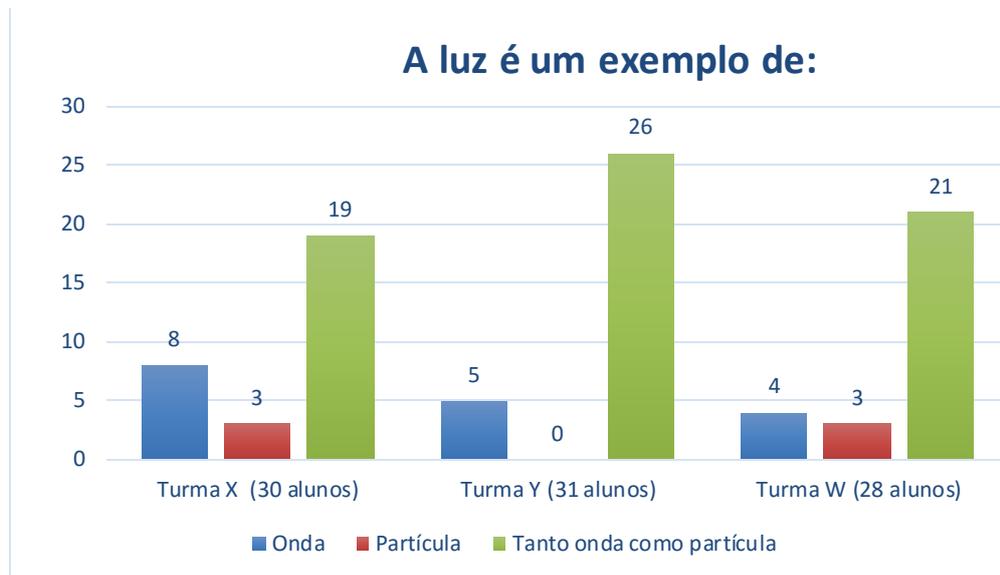


Gráfico 10: número de alunos e o comportamento da luz (pós-teste)

O gráfico 11 se refere à resposta dos alunos sobre questão que os indagava sobre o que ocorre com a aparência de um corpo à medida que sua temperatura interna sofre um aumento considerável. Percebemos que os alunos ficaram confusos, muitos não sabiam exatamente o que era um corpo negro, alguns alunos nem sequer responderam à questão. Contudo, aproximadamente, 47% dos alunos chegaram à resposta correta. Lembrando que esse resultado aconteceu no pré-teste.

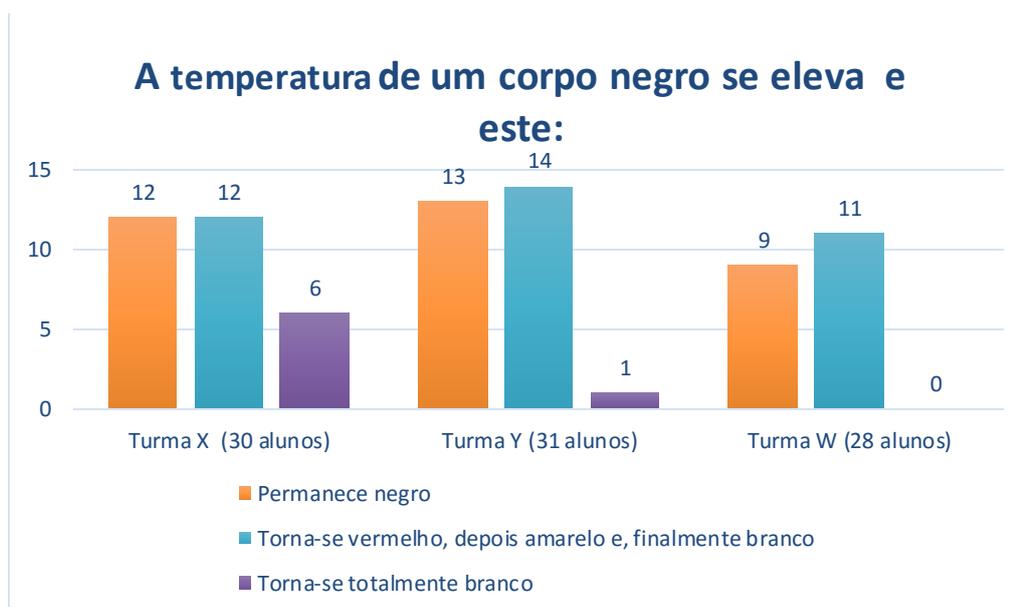


Gráfico 11: Como se apresenta um corpo negro quando sua temperatura interna é aumentada consideravelmente (pré-teste)

Já no pós-teste o resultado obtido foi muito satisfatório, 82% (oitenta e dois por cento) dos alunos conseguiu entender os conceitos relacionados ao corpo negro, conforme vemos no gráfico 12. Em todas as turmas (X, Y e W) alguns alunos questionaram sobre a diferença entre o corpo negro e a matéria escura, a discussão foi muito proveitosa e alguns alunos demonstraram bastante interesse com o assunto. O questionamento dos estudantes foi respondido, ou seja, foram informados que o fenômeno da radiação do corpo negro não possui relação com a matéria escura.

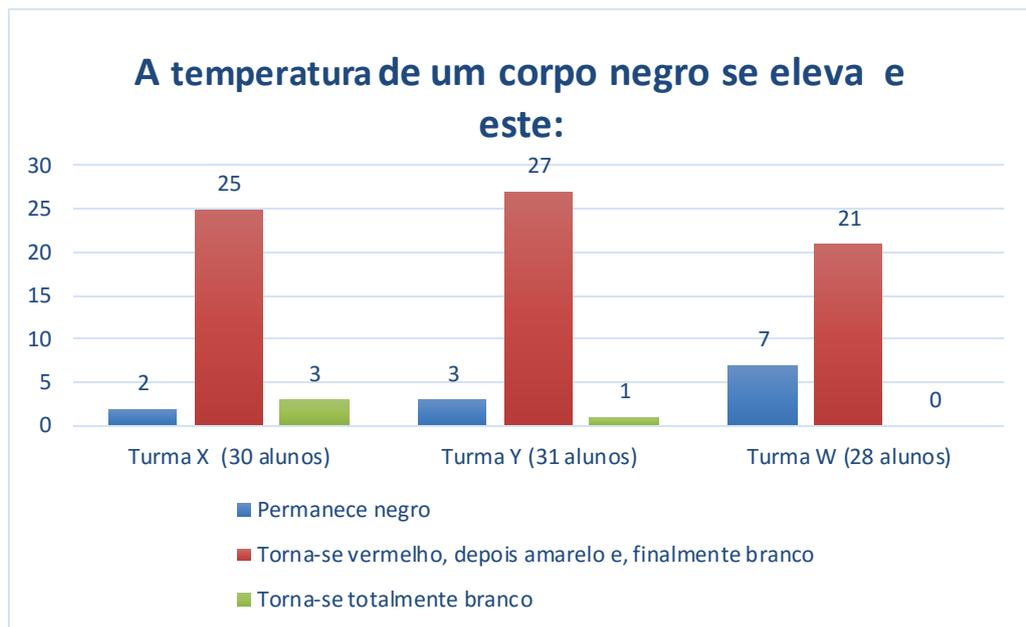


Gráfico 12: Como se apresenta um corpo negro quando sua temperatura interna é aumentada consideravelmente (pós-teste)

Em relação a questão sobre o processo de emissão de ondas eletromagnéticas, no pré-teste os alunos (turmas X, Y e W) demonstraram uma dificuldade muito grande, no sentido que mais de 50 % deles respondeu que não sabia. E quase 30% respondeu que se tratava de um processo contínuo, conforme podemos notar no gráfico 13.

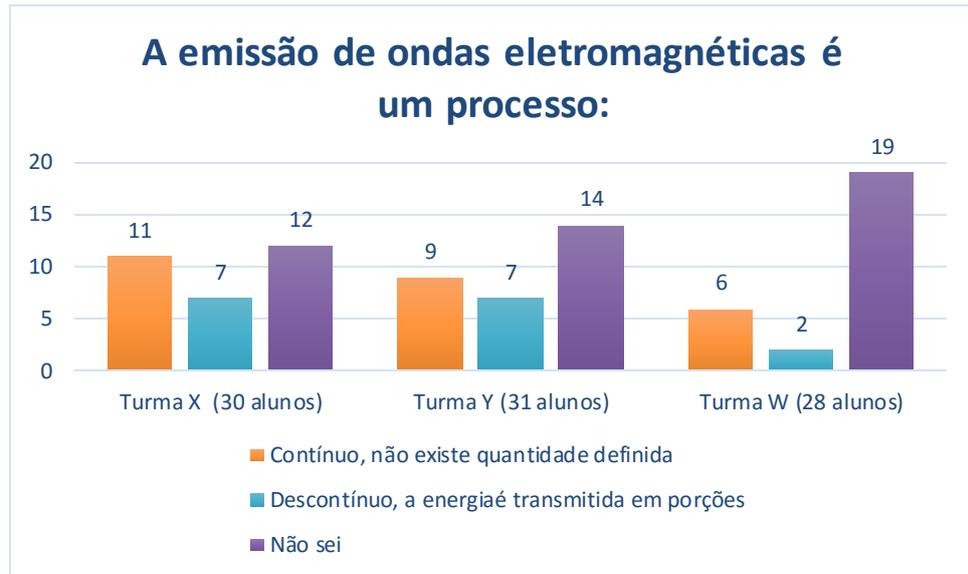


Gráfico 13: número de alunos e o processo de emissão de energia (pré-teste)

Essa questão guarda bastante relação com o experimento sobre o LDR. Por isso, nas turmas X e Y, ou seja, turmas nas quais foram realizados os experimentos, no experimento em que apresentamos o LDR, elucidamos o aspecto descontínuo da emissão de ondas eletromagnéticas. Já na turma W, foram trabalhados diversos exercícios e percebemos que muitos memorizaram a equação de Planck, porém apresentaram dificuldades na matemática. Além disso, os estudantes da turma W apresentavam também dificuldades conceituais. Ou seja, apesar dos estudantes da turma W compreenderem por meio da resolução de exercícios que a energia no mundo quântico é quantizada; diferentemente das turmas X e Y, eles não entendem diversos conceitos relativos a mencionada quantização. Observando os gráficos 13 e 14, percebemos que no pré-teste 30% dos alunos imaginavam que a emissão era descontínua, enquanto que após a aplicação das aulas, todas as turmas melhoraram e a média de acerto a esta questão subiu para aproximadamente 91%. Enfatizamos que, embora a melhoria tenha sido uniforme nas três turmas, aquelas que utilizaram atividades experimentais obtiveram um ganho conceitual superior.

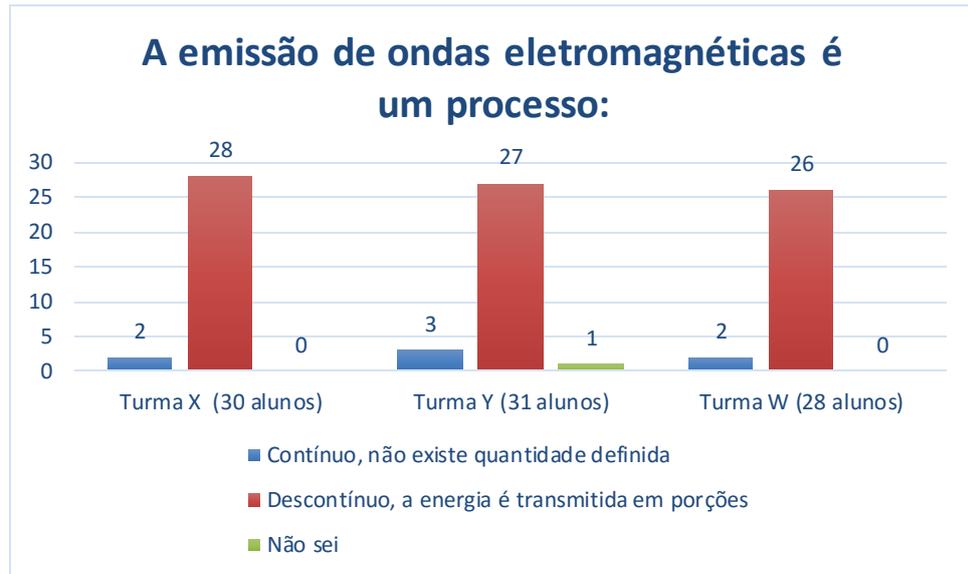


Gráfico 14: número de alunos e o processo de emissão de energia (pós-teste)

No momento de conceituar que a energia é transmitida em “pacotes”, fizemos uma comparação ao conceito de carga elétrica, pois ambas as grandezas são quantizadas e possuem um valor mínimo definido e qualquer outro valor deve ser múltiplo inteiro desse. Nesse sentido, o “pacote” de energia foi denominado *quantum* e sua quantidade está relacionada à frequência da onda eletromagnética e a uma constante. O gráfico 15 mostra o quantitativo, relativo ao pré-teste, das respostas à indagação do questionário correspondente à problemática da quantização de energia. Percebemos que, em geral, os estudantes não possuíam conhecimento sobre esse assunto, sendo que na média, 70% assinalaram que não sabiam a resposta.

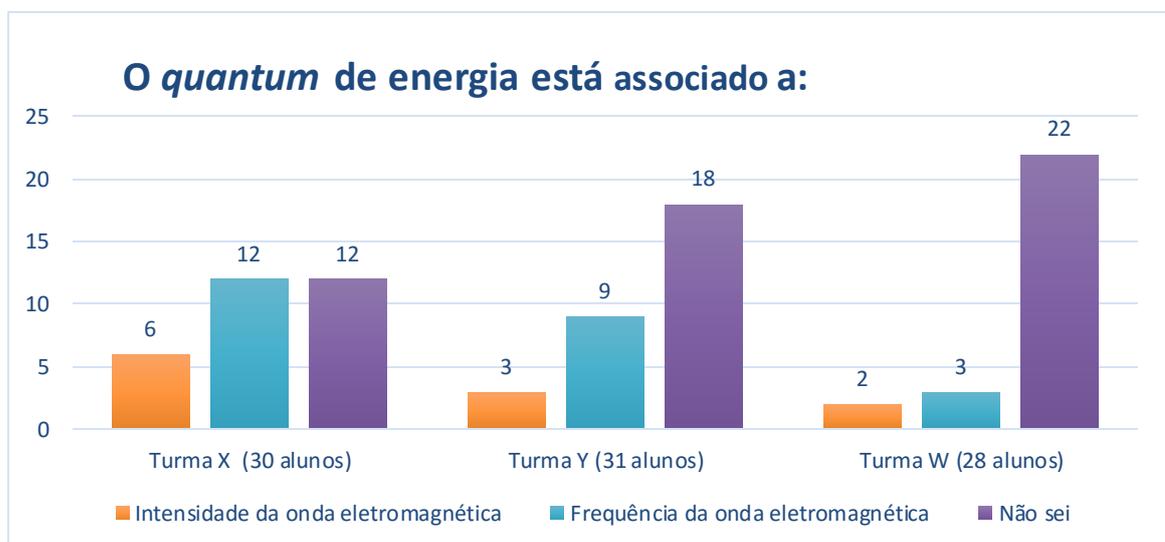


Gráfico 15: número de alunos e a dependência dos “pacotes” de energia (pré-teste)

Ao observar que os alunos não conheciam o que significava uma grandeza quantizada, definimos esse conceito e em seguida apresentamos o *quantum*. Como atividade, pedimos que os alunos calculassem os diversos pacotes de energia presente no espectro visível da luz. Desenvolvido esse trabalho, identificamos mais de 80% dos alunos associaram o *quantum* à frequência da onda eletromagnética, conforme podemos notar no gráfico 16.

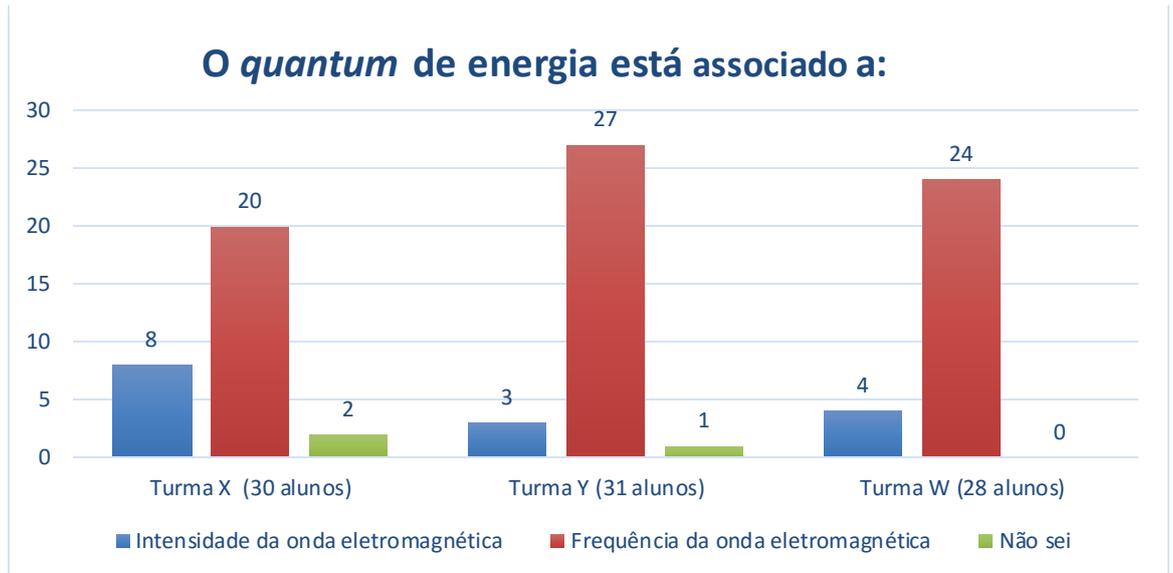


Gráfico 16: número de alunos e a dependência dos “pacotes” de energia (pós-teste)

O resultado do pré-teste ao questionamento sobre o efeito fotoelétrico nos informou que 90% dos estudantes desconheciam tal fenômeno, conforme notamos no gráfico 17. Isso já era esperado, pois apenas 4,5% dos entrevistados já tinham estudado sobre Física Quântica antes.

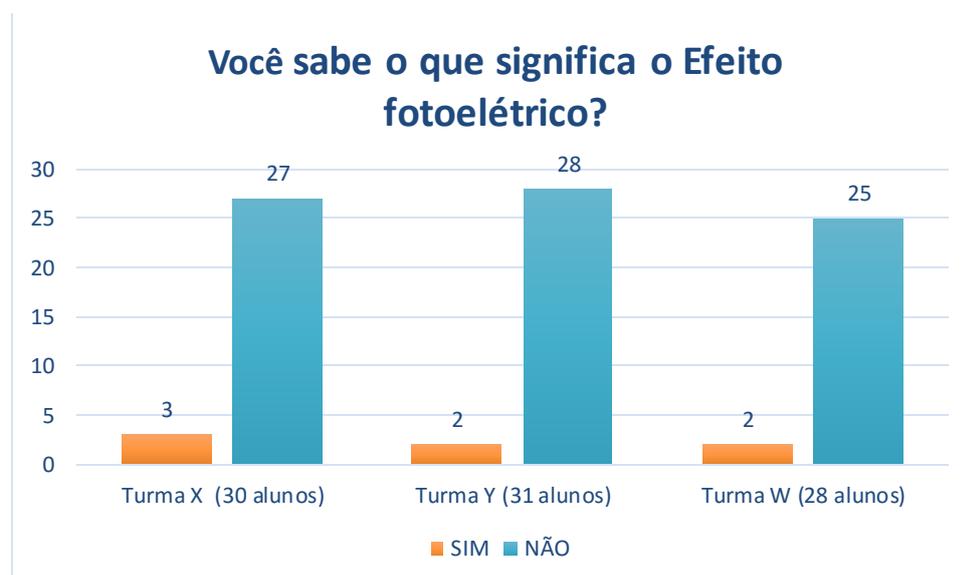


Gráfico 17: número de alunos que conhecem o efeito fotoelétrico (pré-teste)

Para introduzir o conceito de efeito fotoelétrico, iniciamos com a história da carta que o orientador de Planck, escreveu para o seu amigo, Albert Einstein. Ao ouvir a história os alunos se mostraram muito interessados em estudar sobre o assunto. Posteriormente, nas turmas X e Y, apresentamos os semicondutores (diodos, led's e transistores) e montamos um circuito elétrico com aplicação de um resistor LDR. Os alunos sentiram uma dificuldade na manipulação dos fios e do *protoboard*, porém, quando o circuito estava pronto, eles se divertiram com a luz do led de alto brilho refletindo sobre o LDR. Neste momento comentamos sobre as portas de *shopping* center que se abrem ao nos aproximarmos, sensores de iluminação pública. Com isso, percebemos que apesar de 90% não saber o que era, quase a totalidade dos alunos já tinha se deparado com as aplicações deste.

Já na turma W, o sentimento não foi o mesmo, enquanto estávamos na parte histórica, estava muito bom. Quando apresentamos a equação do efeito fotoelétrico e suas peculiaridades, os alunos apresentaram um certo desânimo.

Em todas as turmas (X, Y e W), apresentamos uma simulação do *Phet* (apêndice E), a participação melhorou, os alunos alteravam a frequência da luz emitida na superfície metálica, em outras situações alteravam o metal da superfície. Eles conseguiram perceber que ao aumentarmos a intensidade de luz, não se alterava o número de elétrons arrancados. Com esse simulador, os alunos conseguiram visualizar melhor o que ocorre.

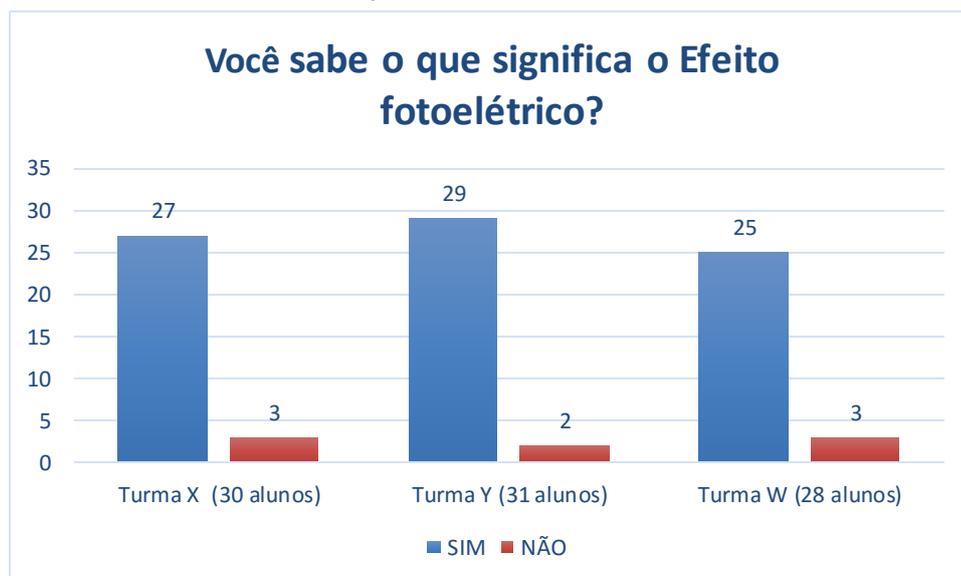


Gráfico 18: número de alunos que conhecem o efeito fotoelétrico (pós-teste)

O resultado ao questionamento sobre o efeito fotoelétrico no pós-teste foi bastante satisfatório, pois percebemos uma melhora suficientemente grande no nível de compreensão dos estudantes sobre este fenômeno, sobretudo daqueles que fizeram o experimento. Em média, 90% dos estudantes admitiram conhecerem o efeito fotoelétrico. Algumas opiniões sobre o efeito fotoelétrico por parte dos estudantes que realizaram experimentos são colocadas abaixo.

Aluno A: *“O efeito fotoelétrico é um efeito muito interessante e com bastante aplicações. Com o experimento e com a simulação eu entendi que o efeito fotoelétrico não ocorre para qualquer frequência da luz, por causa da função trabalho.”*

Aluno B: *“Foi muito legal estudar sobre uma descoberta do Einstein. Agora entendi como aquelas portas do shopping funcionam. Entendi que se aumentarmos a intensidade da luz, aumentamos o número de elétrons que escapam do metal, mas não aumentamos a energia de cada fóton”.*

Os relatos dos estudantes que foram evidenciados anteriormente reforçam os resultados esboçados nos gráficos 19 e 20, os quais estabelecem o nível de compreensão dos estudantes acerca do efeito fotoelétrico.

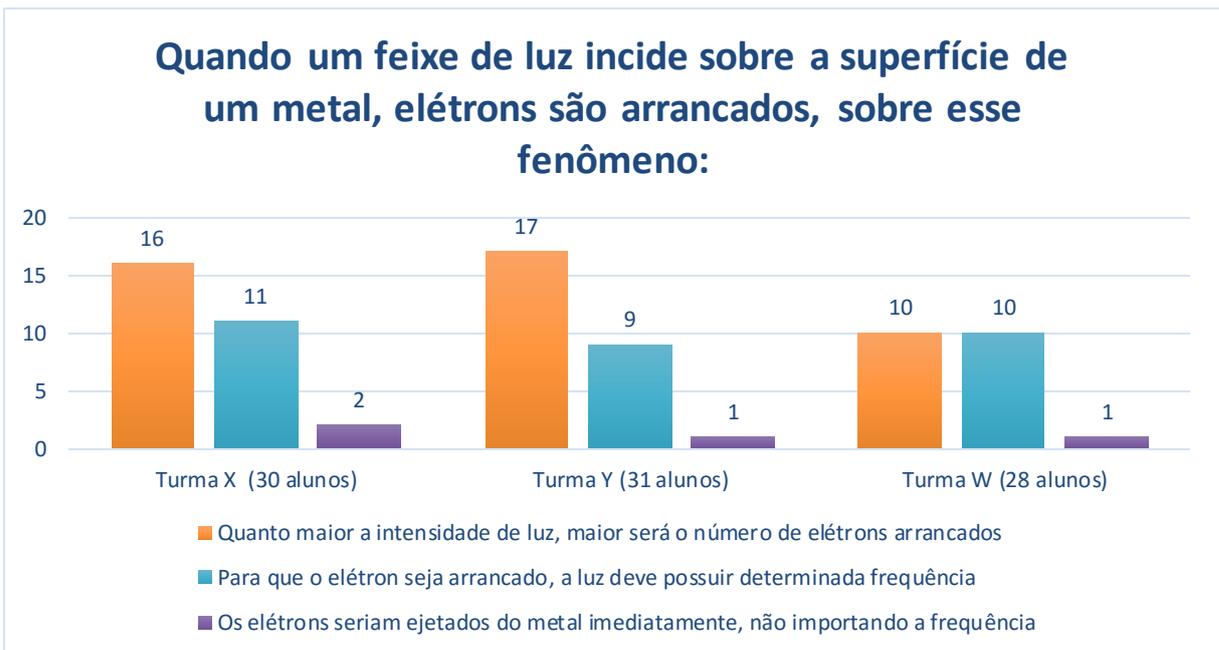


Gráfico 19: Número de alunos que associaram a “ejeção” do elétron no metal com a luz incidente no mesmo (pré-teste)

Comparando os gráficos 19 e 20, percebemos uma melhora significativa nas respostas. Os alunos compreenderam que responderam ao questionário identificaram que há uma frequência apropriada para a ocorrência do efeito fotoelétrico. Cada aluno marcou apenas uma das alternativas; porém, conforme podemos notar, nesta questão há duas respostas consistentes com a explicação do fenômeno.

Ainda em relação às questões sobre o efeito fotoelétrico, nas turmas X e Y, os alunos construíram um leitor óptico e comentaram sobre sua aplicação no cotidiano. Eles entenderam que o funcionamento deste é uma aplicação direta do efeito fotoelétrico. Na turma W, resolvemos alguns exercícios em sala, porém nem todos os alunos participaram da resolução, a motivação não foi a mesma.

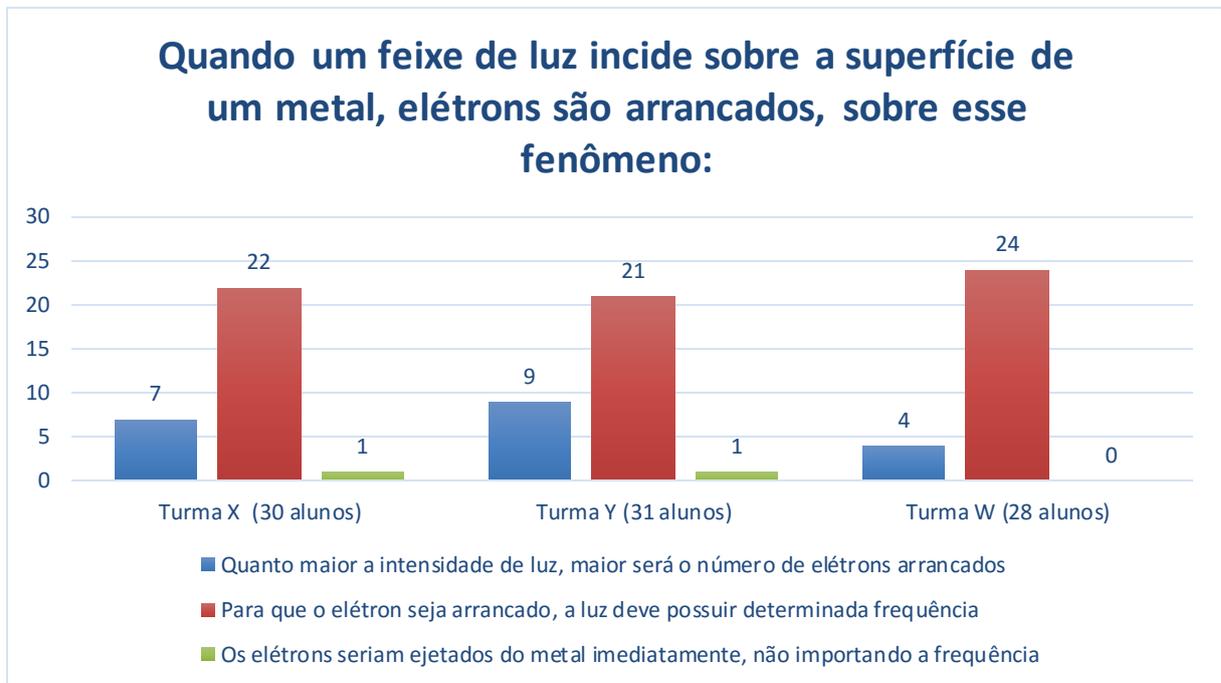


Gráfico 20: Número de alunos que associaram a “ejeção” do elétron do metal com a luz incidente no mesmo (pós-teste)

A última pergunta era pessoal e sobre a necessidade da física quântica no desenvolvimento da tecnologia. E ao final, pedimos que o aluno justificasse sua resposta. Muitos alunos não responderam à pergunta e alguns apresentaram as seguintes justificativas:

Aluno A: *“Deixarei em branco, pois não sei o que exatamente é a física quântica, eu já ouvi falar, mas nunca tive curiosidade de pesquisar sobre esse assunto”.*

Aluno B: “Ainda não possuo opinião formada a esse respeito”

Aluno C: “Porque não sei o que é”.

Aluno D: “Porque tudo é matemática”.

Aluno E: “Eu acho que sim, não sei, pode ser que não”.

Aluno F: “Sim, tudo necessita de física. ”

Aluno G: “Buscar novas e melhores respostas”.

Aluno H: “Está presente em várias coisas”.

Aluno I: “Para desenvolver computadores mais potentes e benefícios teóricos para a observação, compreensão e exploração do espaço que nos cerca.”

Aluno J: “A física quântica precisa da tecnologia para ter maior precisão dos seus estudos, um grande exemplo de alta tecnologia é o colisor de partículas.”

Aluno K: “A física quântica é mais que importante, é um estudo que deveria ser obrigatório no ensino Médio”.

Aluno M: “As tecnologias atuais já utilizam física quântica, portanto é necessário o conhecimento dessa ciência para aprofundar o utilização da mesma nas tecnologias futuras”.

Uma visualização quantitativa do resultado das respostas a esta última questão pode ser realizada a partir dos gráficos 21 e 22.

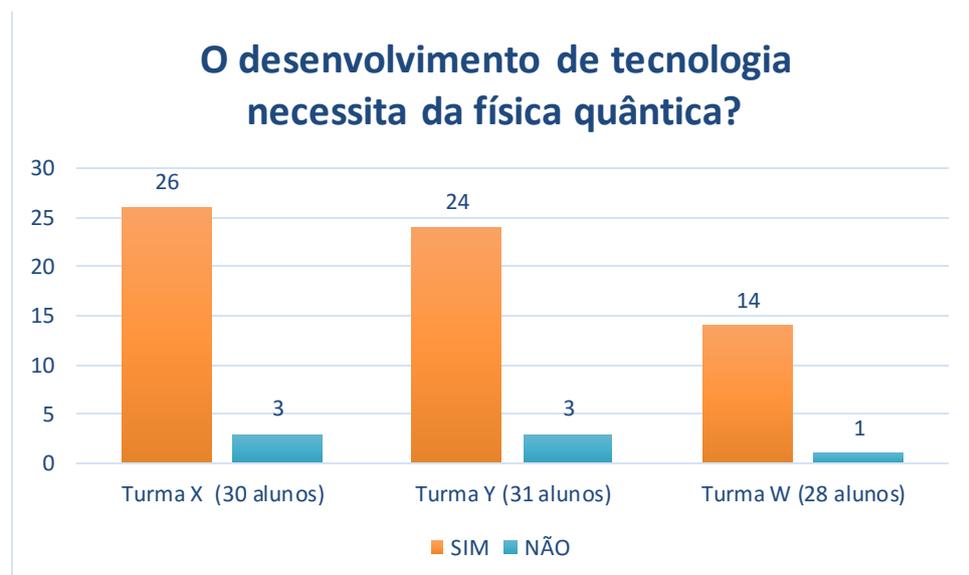


Gráfico 21: O desenvolvimento da tecnologia e a necessidade da física quântica (pré -teste)

Observando os gráficos 21 e 22, podemos observar que os alunos conseguiram associar que o desenvolvimento tecnológico só foi possível com o surgimento da física quântica, tendo em vista que essa teoria científica conseguiu explicar fenômenos que nenhuma teoria até então havia explicado. Ou seja, após as aulas, os alunos unanimemente concordaram com a importância da Física Quântica no desenvolvimento de tecnologia. Uma análise qualitativa dessas respostas pode ser realizada a partir dos depoimentos de alguns estudantes que serão colocados na sequência.

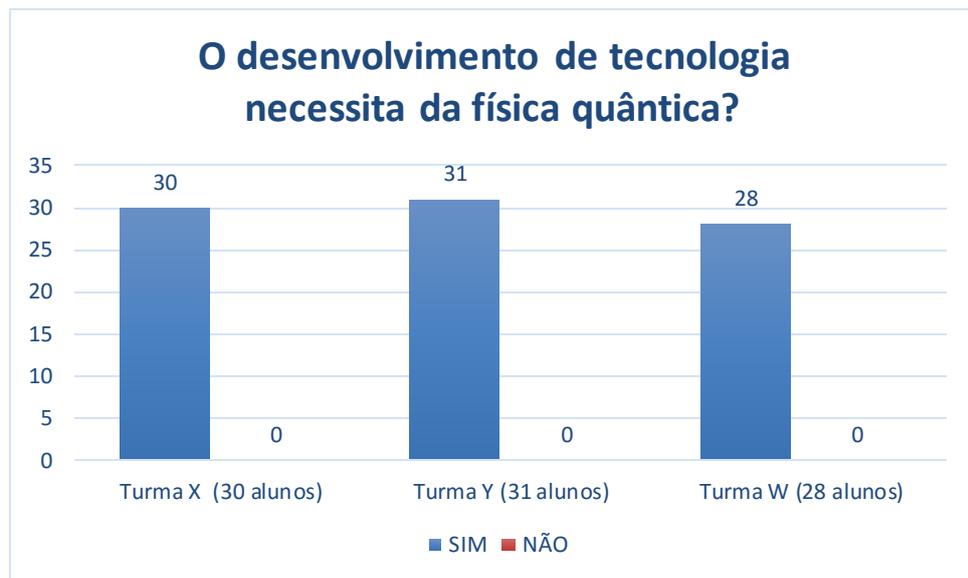


Gráfico 22: O desenvolvimento da tecnologia e a necessidade da física quântica (pós-teste)

O questionário de satisfação, disposto no Apêndice B, foi aplicado nas turmas “X” e “Y”. Como resultado, constatamos que o material didático produzido agradou completamente a todos. Essa resposta foi unânime nas duas turmas. Ou seja, os estudantes aprovaram tanto o material, como a metodologia utilizada. A seguir, trazemos três depoimentos que corroboram este resultado:

Aluno 1: *“A utilização de experimentos para se estudar física moderna me ajudou muito a entender os conteúdos. Eu fiquei muito alegre com essas aulas. Eu aprendi a fazer um circuito. Todas as aulas podiam ser assim.”*

Aluno 2: *“Eu gostei muito, mas muito mesmo. Eu entendi muitas coisas que eu não sabia, como o funcionamento do LED e do código de barras. Eu vi que a Física é mesmo aplicada em tudo.”*

Aluno 3: *“Todos os outros professores de física tinham que usar isso. Estou muito contente em ter entendido o leitor de código de barras e ter aprendido a montar circuitos elétricos. Eu quero ensinar os meus pais e irmãos.”*

A resposta dos estudantes vai ao encontro das ideias de Oliveira (2010), pois os alunos demonstraram um maior interesse em estudar física e a motivação cresceu bastante. Além disso, os estudantes narraram que por meio do experimento puderam compreender conceitos científicos que antes estavam obscuros. Os experimentos possibilitaram ainda que eles pudessem compreender a relação entre o conteúdo de Física Moderna e alguns dispositivos do dia a dia, compreendendo assim, a relação entre ciência, sociedade e tecnologia. O fato de terem montado os circuitos, também nos leva a inferir que a realização das atividades práticas possibilitou o aprimoramento de habilidades manipulativas.

Conforme foi tratado no referencial teórico, sabemos que o simples uso de atividades experimentais não possibilita por si só uma aprendizagem significativa. Contudo, as práticas experimentais propostas em nosso material didático trazem profunda relação com fenômenos do cotidiano dos estudantes, bem como a explicação do funcionamento de alguns dispositivos tecnológicos por eles utilizados. Além disso, os roteiros deixam os alunos livres para montarem os seus circuitos nos *protoboards*, sendo que a sequência de passos que foi apresentada, não tira o controle da situação experimental das mãos dos estudantes, pois cabe a eles executarem as tarefas e tomarem as decisões para darem as respostas aos questionamentos. Dessa forma, a aplicação do questionário, bem como a pesquisa de satisfação, na qual os estudantes foram unânimes em destacar a importância do uso dos experimentos, demonstraram que há indícios de que o material didático por nós desenvolvido é um material potencialmente significativo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Neste trabalho, apresentamos um material didático por nós produzido como resultado de um mestrado profissional em Ensino de Física. O referido material constitui-se de um livro contendo roteiros experimentais direcionados ao ensino de alguns conteúdos relacionados à Física Moderna. Os experimentos contidos no material abordam os conteúdos de forma interdisciplinar e com profunda relação com as atividades cotidianas dos estudantes. Dentre as atividades experimentais, destacamos a que estuda o efeito fotoelétrico e explica o funcionamento do leitor de código de barras. O material foi então aplicado em duas turmas de ensino médio e os resultados estão destacados na sequência.

Conforme abordamos no capítulo precedente, o uso do material didático satisfaz as expectativas, pois mediante os resultados do questionário e da pesquisa de satisfação, podemos inferir que os estudantes participantes da pesquisa desenvolveram habilidades relacionadas aos conceitos de Física Quântica contemplados nos experimentos. Além disso, os estudantes relataram que os experimentos utilizados são muito interessantes e que se sentiram bastante motivados em estudar os conteúdos abordados nos experimentos, pois a compreensão dos fenômenos ficou nítida e de fácil acesso. A boa aceitação da metodologia de ensino por parte de estudantes converge às ideias de Oliveira (2010) sobre experimentação e confirmam o que diz Araújo e Abib (2003), os quais demonstraram que a atividade experimental estimula a participação ativa dos estudantes e propicia um ambiente motivador para o ensino aprendizagem.

Para exemplificar a referida boa aceitação dos experimentos como metodologia de ensino, citamos a fala de um dos estudantes participantes do estudo, o qual relatou: *“professor a física no laboratório é muito mais fácil do aquela que aprendemos na sala. Porque não estudamos só esta?”*

Portanto, chegamos à seguinte conclusão, a aula experimental é mais lúdica e desperta habilidades nos alunos, que são impossíveis de aflorar em uma aula expositiva, o aluno fica mais atento e concentrado. Porém é uma aula que demanda muita preparação, mas por outro lado, ao fim de cada aula, a sensação que o professor fica é de missão cumprida.

Destacamos também que o material didático produzido fomenta a elaboração de metodologias de ensino alternativas voltadas à Física Quântica. Brockington e Pietrocola (2005) ressaltam que conteúdos relacionados à Física Quântica praticamente não são abordados nas aulas de Física devido à sua baixa operacionalidade. Nesse sentido, esses mesmos autores destacam a importância de serem propostas transposições didáticas e elaborações de materiais didáticos relacionados a estes conteúdos, pois assim os docentes do ensino médio teriam mais respaldo para trabalharem assuntos científicos tão importantes na contemporaneidade. Assim sendo, imaginamos que o nosso produto educacional cumpre um papel social relevante, no sentido que proporciona um aprendizado mais eficaz e prazeroso de conteúdos geralmente negligenciados no ensino médio.

Como perspectiva de trabalhos futuros, pretendemos aprimorar e expandir o material para que ele contemple mais experimentos que auxiliem no aprendizado de outros conceitos de Física Moderna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, Ivan A. Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. **Ciência & Ensino**, n. 3, p. 10-15, dez. 1997.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2, p.176-194, 2003.
- ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. **Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências**. In: NARDI, R. (Org.). Questões atuais no ensino de ciências. São Paulo: Escrituras, 1989, p.53-60.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas, 1983.
- AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton, 1963.
- BONADIMAN, Helio; AXT, Rolando; BLUMKE, Roseli Adriana; VINCENSI, Giseli. **Difusão e popularização da ciência**. Uma experiência em Física que deu certo. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. 2004. p.4.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.13, p.291-313, 2002.
- BRASIL **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+**. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília, 2002.
- BRASIL **Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN** – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2000.
- CHAVES, A. e SHELLARD, R. C. **Física para o Brasil: pensando o futuro**. SBF. 2005.
- FERNANDES, Renato José. Atividades práticas: possibilidades de modificações no ensino de Física. *Perquirere* – **Revista Eletrônica de Pesquisa**, ed. 5, ano 5, 2008.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.
- GIL-PEREZ, D. et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.
- GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.2, p.219-238, 2006.

- GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 251-256, 2004.
- GRIEBELER, A. e HILGER, T.R. **Uma Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativo utilizando Mapas Conceituais**. Investigações em Ensino de Ciências – V18(1), pp. 199-213, 2013.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de la laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n 3, p. 299-313, 1994.
- 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.
- MOREIRA, M. A. A física dos quarks e a epistemologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007.
- MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2011.
- MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- MOREIRA, M.A. e Masini, E.A.F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora. Moreira, M.A. (2006). A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora da UnB, 2006
- NUNES, A. L. **A física quântica para todos**. XVII SNEF. São Luís MA, 2007
- OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, Seção Pesquisa em Ensino de Física, 2007.
- OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, vol.12, n.1, p.139-153, 2010.
- PAULA, Helder. ALVES, Esdras. MATEUS, Alfredo. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Belo Horizonte Ed. UFMG, 2011 204 p. il.
- PENA, Fábio Luís Alves; FILHO, Aurino Ribeiro. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciências**.
- RAMOS, L. B.; ROSA, P. R. O ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências** – V13(3), pp.299-331, 2008.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. Ensino de Física: objetivos e imposições no Ensino Médio. **Revista Electronica de Ensenanza de las Ciências**, vol. 4, nº 1.2005.

SANTOS, A. C. K. et al. Algumas características dos professores de Física do ensino de 2º grau em Porto Alegre. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 2 , n.2, p. 51-56, 1985.

SERAFIM, M. C. A falácia da dicotomia teoria-prática. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 1, n. 7, 2001. (Revista eletrônica).

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Susana Maria; NUNES, Antônio Dias. O papel da experimentação no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.1, p. 30-42, 2003.

SILVA, E. S.; BUTKUS, T. Levantamento sobre a situação do ensino de Física nas escolas do 2º grau de Joinville. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 2, n. 3, p. 105-113, 1985.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Vol. 9, número 1, 2009.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências e Cognição**, v. 10, n. 4, p.93-103, 2007.

APÊNDICE A**Questionário de Pesquisa**

Prezado(a) estudante,

Este questionário é parte de uma pesquisa de caráter pedagógico do Instituto de Física da Universidade de Brasília. Nossa intenção é analisar a eficácia de um material didático complementar ao ensino-aprendizagem de conceitos de física quântica no ensino médio. É importante salientar que a sua participação será mantida anônima em toda a pesquisa e em qualquer circunstância pública em que os resultados da investigação vierem a ser apresentados. Por favor, leia as perguntas com atenção e dê as respostas com sinceridade.

Parte 1 : Identificação

1.1 Nome (opcional):

1.2 Idade:

1.3 Sexo: () Masculino () Feminino

Parte 2 : Conhecimentos Específicos

2.1- A física é dividida em diversos ramos, assinale quais você já estudou.

- a) () Cinemática (estuda o movimento);
- b) () Dinâmica (estuda o movimento e suas causas);
- c) () Termologia (estuda o calor e as variações de temperatura);
- d) () Termodinâmica (estuda os gases e as trocas de energia);
- e) () Óptica (estuda a luz);
- f) () Ondulatória (estuda as ondas);
- g) () Eletrostática (estuda as cargas elétricas em equilíbrio);
- h) () Eletrodinâmica (estuda as cargas elétricas em movimento);
- i) () Eletromagnetismo (estuda as cargas elétricas e os ímãs);

j) () Física Moderna (estuda a teoria da relatividade e a física quântica).

2.2 - Você já ouviu falar sobre física quântica?

- a) () sim
- b) () não

2.3 – Assinale os itens abaixo em que a física quântica está presente.

- a) () Telecomunicações por fibra óptica.
- b) () Computadores.
- c) () Televisores.
- d) () Satélites.
- e) () Caracterização e datação de objetos encontrados em sítios arqueológicos.
- f) () Processo de clonagem evolutiva.
- g) () Sistemas bancários.
- h) () Elevadores.
- i) () Aviões.
- j) () Telefone celular.
- k) () Previsões de elevações de preços de ações e outros ativos financeiros.
- l) () O movimento artístico surrealista.

2.4 – Você consegue explicar o que é uma onda eletromagnética?

- a) () Sim.
- b) () Não.
- c) () Talvez.

2.5 – Você sabe como surge uma onda eletromagnética?

- a) () Sim.
- b) () Não.
- c) () Talvez.

2.6 – A luz é um exemplo de onda ou de partícula?

- a) () Onda.
- b) () Partícula.

c) () Tanto onda como partícula.

2.7 – Um pequeno orifício aberto em um corpo oco representa, aproximadamente, um “*corpo negro*”. Tal orifício aparecerá negro para corpos em temperaturas usuais.

No entanto, à medida que a temperatura se eleva, o orifício:

- a) () Permanece negro.
- b) () Torna-se vermelho, depois amarelo e, finalmente branco.
- c) () Torna-se totalmente branco.

2.8 – A emissão de radiação eletromagnética, ou energia radiante através de ondas eletromagnéticas é um processo?

- a) () Contínuo, não existe uma quantidade definida.
- b) () Descontínuo, a energia é transmitida em porções.
- c) () Não sei.

2.9 – Max Planck considerou que a energia emitida ou absorvida, ocorria de forma *quantizada*, ou seja, através de múltiplos inteiros de um *quantum* de energia. Isto é, na escala atômica a energia se apresenta como pequenos “pacotes” indivisíveis. Esse *quantum* de energia está associado à?

- a) () Intensidade da onda eletromagnética.
- b) () Frequência da onda eletromagnética.
- c) () Não sei.

2.10 – Você sabe o que significa o *Efeito fotoelétrico*?

- a) () Sim.
- b) () Não.

2.11 – Quando um feixe de luz incide sobre a superfície de um metal, elétrons presentes neste serão arrancados. Esse fenômeno foi descoberto por *Hertz* em 1887. Sobre esse fenômeno pode-se afirmar que:

- a) () Quanto maior a intensidade de luz, maior será o número de elétrons arrancados.
- b) () Para que o elétron seja arrancado, a luz deve possuir determinada frequência.

- c) () Os elétrons seriam ejetados do metal imediatamente, não importando a frequência da luz.

2.12 – A física clássica, muito estudada no ensino médio, prevê que a luz é uma onda eletromagnética, e que, portanto, a energia que transporta:

- a) () Se distribui continuamente pelo espaço.
b) () Está dividida em pacotes indivisíveis.
c) () Está relacionada com a frequência da luz.

2.13 – Na sua opinião, o desenvolvimento de tecnologia necessita da física quântica?

- a) () Sim.
b) () Não.

Justifique:

Agradecemos a gentileza de você ter participado dessa pesquisa e abrimos o espaço a seguir para algum comentário extra que você queira fazer. Obrigado!

APÊNDICE B**Questionário de satisfação - Entrevista**

Prezado (a) estudante,

Este questionário é parte integrante de uma pesquisa de mestrado que se desenvolve no Instituto de Física da Universidade de Brasília – UnB. Nosso objetivo é analisar a eficácia da aplicação de um material didático complementar ao ensino-aprendizagem de física moderna. É importante salientar que a sua participação será mantida anônima em toda a pesquisa e em qualquer circunstância pública em que os resultados da investigação vierem a ser apresentados. Nesse sentido, conto com sua colaboração respondendo as questões abaixo, com ética, responsabilidade e autenticidade de modo a auxiliar de forma significativa a pesquisa em questão.

Questão 1: Na sua opinião, os recursos didáticos utilizados no desenvolvimento do conteúdo de física moderna nas aulas de Física:

- a) Agradaram completamente
- b) Agradaram mais ou menos
- c) Não agradaram

Questão 2: Caso os recursos didáticos utilizados tenham o agradado completamente, informe os fatores que influenciaram em sua satisfação.

Questão 3: Caso você tenha respondido que os recursos didáticos utilizados o agradaram mais ou menos, informe os fatores positivos e os fatores negativos da utilização desses recursos.

Questão 4: Caso você tenha respondido que os recursos utilizados não o agradaram, informe os fatores que influenciaram em sua avaliação e em seguida apresente algumas sugestões de aprimoramento.

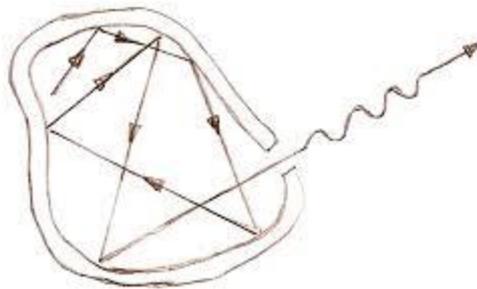
APÊNDICE C

Imagens utilizadas no Power point: Física quântica – Teoria Quântica



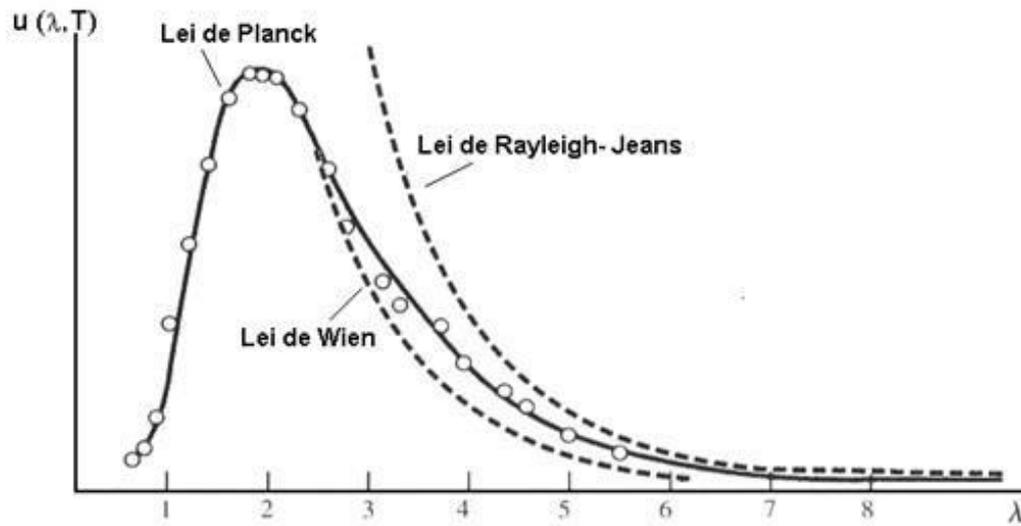
<http://www.grupoescolar.com/a/b/DB5C0.jpg>

Física quântica – Radiação do corpo negro



<http://wrjfis.no.comunidades.net/seccao-11-o-corpo-negro/>

Lei de Rayleigh- Jeans

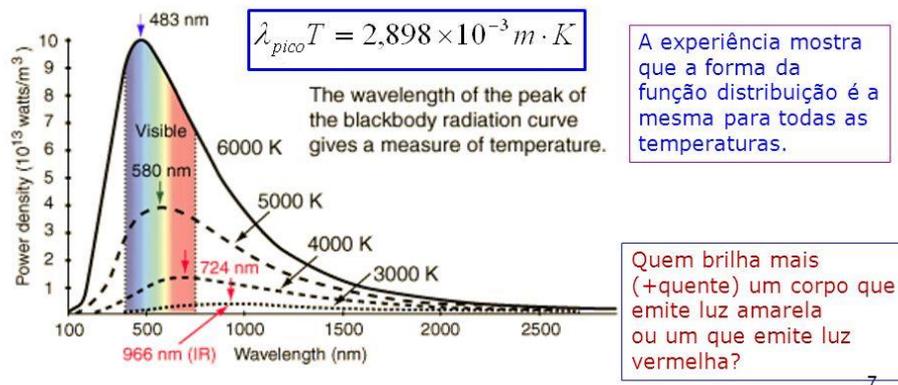


<http://slideplayer.com.br/slide/2884196/>

Física quântica – Lei de Wien

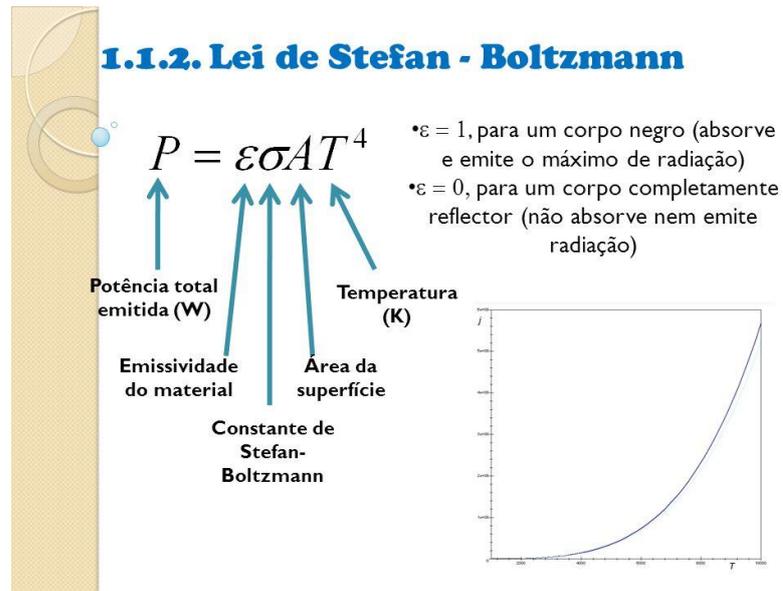
Segundo Wien:

⇒ **Lei de deslocamento de Wien**: para cada temperatura a curva toda sofre um deslocamento. À medida que a temperatura aumenta, o pico de $I(\lambda)$ torna-se cada vez mais elevado e se desloca para comprimentos de onda menores



<http://slideplayer.com.br/slide/333706/>

Lei de Stefan-Boltzmann



<http://slideplayer.com.br/slide/1356070/>

MAPA DA RIQUEZA COM O PIB DISTRIBUÍDO À POPULAÇÃO



<http://www.envolverde.com.br/economia/1-concentra-41-riqueza/>

Planck e a Quantização da Energia



$$E = h \cdot f$$

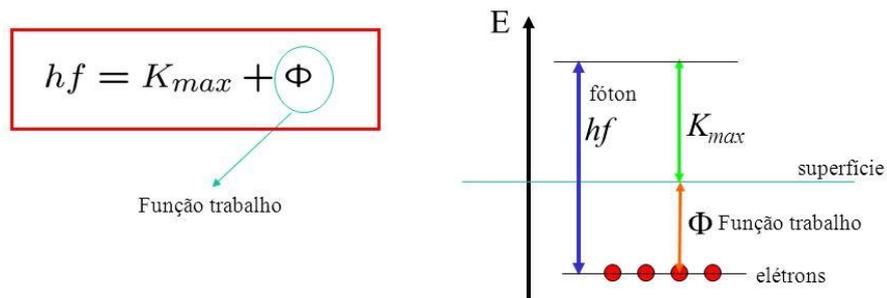
“Tanto na emissão quanto na absorção, a energia E do quantum é proporcional à frequência f da radiação”

Max Planck (1858-1957)

http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2006-09-17_2006-09-23.html

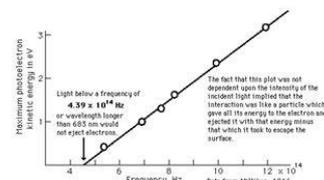
Efeito fotoelétrico

A equação do efeito fotoelétrico



Substituindo K_{max} :

$$V_{corte} = \left(\frac{h}{e}\right) f - \frac{\Phi}{e} \quad \longrightarrow \quad \text{reta}$$



<http://slideplayer.com.br/slide/359057/>

Equação de Planck




FISICA QUÂNTICA

Teoria dos *quanta*

Um elétron, oscilando com frequência f , emite (ou absorve) uma onda eletromagnética de igual frequência, porém a energia não é emitida (ou absorvida) continuamente.

Equação de Planck

$E \rightarrow$ Energia de cada fóton (quantum)

$f \rightarrow$ frequência da radiação

$h \rightarrow$ constante de Planck ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js)

Um elétron absorve (ou emite) apenas quantidades inteiras ou múltiplas de $h \cdot f$

$E = h \cdot f$

Luz visível $\rightarrow f = 5 \cdot 10^{14}$ Hz

}

Energia de um fóton $\rightarrow E = 3,31 \cdot 10^{-19}$ J

<http://slideplayer.com.br/slide/1223384/>

Equações de Maxwell

FORMA INTEGRAL	FORMA DIFERENCIAL
$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0}$	$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_C + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)_{\text{encl}}$	$\nabla \cdot \vec{B} = -\mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$
$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

<https://moodle.ufsc.br/mod/book/view.php?id=504304&chapterid=2711>

APÊNDICE D

Simulador Efeito fotoelétrico *Phet*

The screenshot displays the Phet Photoelectric Effect simulation. The main window shows a vacuum tube setup with a light source on the left and a collector on the right. A 2.00 V battery is connected in the circuit. The current is displayed as 0.094. The light source is set to 403 nm and 70% intensity. The target material is Sodium. Three graphs are visible: Current vs battery voltage, Current vs light intensity, and Electron energy vs light frequency. The simulation is running, as indicated by the play button.

Target: Sodium

Show only highest energy electrons

Graphs

Current vs battery voltage

Current vs Voltage

Current vs light intensity

Intensity

Electron energy vs light frequency

Energy (eV) vs Frequency ($\times 10^{15}$ Hz)

Current: 0.094

2.00 V

Intensity: 70%

403 nm

UV IR

819 x 529px

100%

Pesquisar na Web e no Windows

POR PTB 8:58 PM 27-Oct-15

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric

APÊNDICE E
Produto Educacional

**EXPERIMENTOS
& EXERCÍCIOS**

Luis Claudio Sales Morais

Edição Limitada
NOV - 2015

física

quântica

UnB

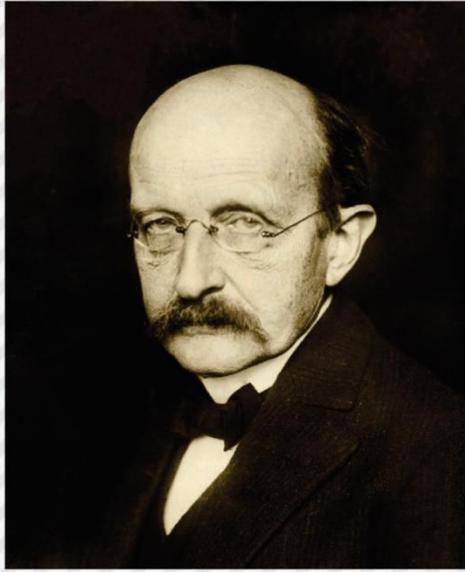
SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

CAPES

Centro de Ensino Médio à Educação Profissional
em

Orientação - Ronni Geraldo Gomes de Amorim



Max Planck

Prezado(a) professor(a),

Este opúsculo intitulado "Física Quântica: exercícios e experimentos" é o produto educacional oriundo de uma pesquisa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Pólo UNB. Nele estão inclusos roteiros de atividades experimentais e exercícios que contemplam conteúdos de Física Quântica constantes no currículo de Física do Ensino Médio. Os roteiros experimentais sugeridos trazem de forma detalhada os objetivos, a fundamentação teórica, os materiais utilizados e os procedimentos de cada atividade. Este material destaca-se pelo fato de trazer experimentos cujos fenômenos físicos abordados são relacionados aos aparatos tecnológicos cotidianos. Além disso, há a vantagem dos materiais usados nas experiências serem de baixo custo financeiro e de fácil obtenção. Neste material há três propostas experimentais, quais sejam: Conhecendo os dispositivos elétricos e os LED's; Fonte de tensão que pode ser modificada de modo contínuo; Construindo um leitor óptico. O livreto também contém um manual de instruções de elaboração de relatórios e alguns problemas que abordam a teoria discutida nos experimentos. Dessa forma, esperamos que o (a) senhor (a) faça um bom proveito didático do material proposto, utilizando-o de forma complementar a outras estratégias de ensino em suas aulas sobre Física Moderna. Mais informações podem ser obtidas consultando a dissertação de mestrado intitulada "o Ensino de Conceitos de Física Quântica no Ensino Médio utilizando experimentos de baixo custo".

Atenciosamente

Luis Claudio Sales Morais

ÍNDICE

01	CONHECENDO OS DISPOSITIVOS ELÉTRICOS E OS LED'S	03	CONSTRUINDO UM LEITOR ÓPTICO
	Objetivos03		Objetivo09
	Diodo03		Fundamentação da teoria09
	LED's04		Código de Barras10
	Procedimentos04		Tabela do código Binário10
	Atividades05		Procedimento11
			Atividades12
02	FONTE DE TENSÃO QUE PODE SER MODIFICADA DE MODO CONTÍNUO	04	MODELO PARA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO PARA AULAS PRÁTICAS
	Objetivo07		Formatação12
	Transistores07		Elaboração Geral13
	Parâmetros07	05	EXERCÍCIOS DE FÍSICA QUÂNTICA
	Procedimento e atividade08		Exercícios14

*Esse é o caminho mais belo que uma teoria física pode assumir:
quando ela abre caminho para uma teoria mais ampla,
sem perder seu carácter individual.*

- Albert Einstein



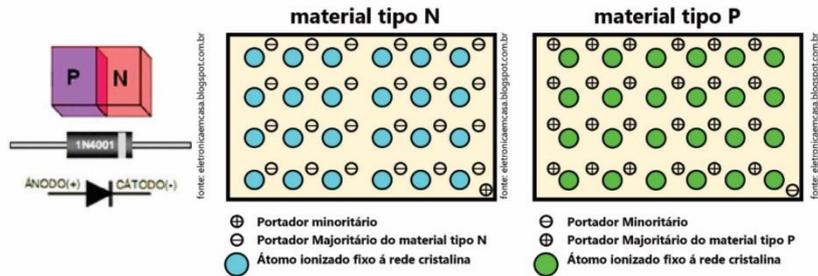
CONHECENDO OS DISPOSITIVOS ELÉTRICOS E OS LED'S

OBJETIVO

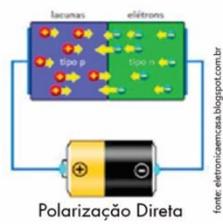
Identificar um diodo; conhecer a estrutura de um LED; manipular um protoboard; construir um circuito elétrico em série e em paralelo e perceber a diferença no brilho do LED; Calcular as quedas de tensões no LED, no resistor e na fonte.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O **diodo** é formado pela simples união de dois tipos de material semiconductor N e P. Os diodos são construídos normalmente com germânio (Ge) ou Silício (Si) sendo um componente eletrônico de dois terminais. Conduz corrente elétrica preferivelmente em um só sentido, bloqueando a sua passagem no sentido oposto.

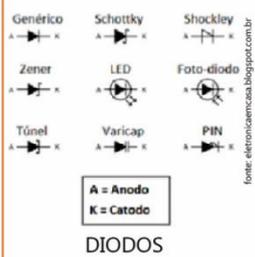


DIODO



É um dispositivo de dois terminais possibilitando a aplicação de uma tensão de duas formas: polarização direta e polarização reversa. Na polarização direta o anodo e o catodo do diodo devem ser conectados no terminal positivo e negativo da bateria, respectivamente. O diodo passa a ser um condutor quando polarizado diretamente, pois a região de depleção entre os dois tipos de material é eliminada devido a diferença de potencial da bateria. A ausência dessa camada possibilita a circulação dos portadores livres, permitindo a circulação de uma corrente elétrica. O diodo nessa condição é considerado uma chave fechada.

Pag 3



CONHECENDO OS DISPOSITIVOS ELÉTRICOS E OS LED'S

LED'S

São diodos semicondutores que, quando energizados, emitem luz. A luz não é monocromática (como em um laser), mas consiste de uma banda espectral relativamente estreita, sendo produzida pelas interações energéticas dos elétrons. O processo de emissão de luz pela aplicação de uma fonte de energia elétrica é chamado eletroluminescência. No silício e no germânio, que são elementos básicos dos diodos e transistores, a maior parte da energia é liberada na forma de calor, sendo insignificante a luz emitida. Já em outros materiais, como o arseneto de gálio (GaAs) ou o fosfeto de gálio (GaP), o número de fótons de luz emitidos é suficiente para constituir fontes de luz bastante eficientes.



DÚVIDAS

Faça uma pesquisa sobre os outros exemplos de diodos, procure saber quais suas aplicações no cotidiano. Você irá encontrar um material interessante.



MATERIAIS

- "PROTOBOARD";
- TRÊS RESISTORES DE 670 Ω ;
- UM LED DE ALTO BRILHO; (AZUL, AMARELO OU VERMELHO)
- DUAS PILHAS DE 1,5 V (AA);
- UM CONECTOR PARA PILHAS (AA);
- DOIS "JUMPS";
- UM MULTÍMETRO.



PROCEDIMENTO

Cada grupo ao receber o protoboard, deve observar que na parte superior, há duas indicações + e -. Todos os orifícios destas indicações estão conectados em linha (não há conexões entre colunas). Na região central do protoboard há indicações das linhas (A, B, C, D, ..., J) e de colunas (0, 5, 10, 15, ..., 60).

Diferente da parte superior, estes orifícios estão conectados na vertical, em colunas (não conexão nas linhas).



ATIVIDADE

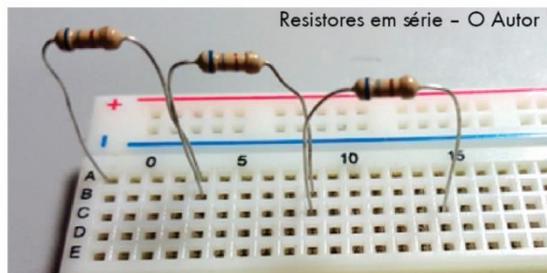
1

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE (RESISTORES):

Inicialmente vocês devem conectar um resistor na linha A e com o multímetro (na indicação de fundo de escala 20 k Ω) meça sua resistência. $R_1 =$ _____.

Conecte outro resistor. Ele deve estar na linha abaixo do primeiro (linha B), porém uma de suas extremidades deve coincidir com a última extremidade do resistor anterior (mesma coluna). Meça a resistência de ambos (da primeira extremidade à última). $R_{s2} =$ _____.

Em seguida conecte o terceiro resistor na linha abaixo do segundo (linha C) e a primeira extremidade deste deve estar na mesma coluna da segunda extremidade do resistor anterior. Meça a resistência de ambos (da primeira extremidade à última). $R_{s3} =$ _____.

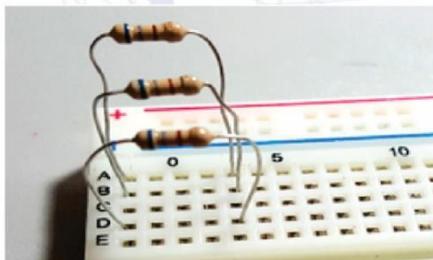


ASSOCIAÇÃO EM PARALELO (RESISTORES):

2

ATIVIDADE

Conecte os resistores um abaixo do outro, mantendo as extremidades em mesmas colunas. Inicialmente coloque dois resistores e utilizando o multímetro (20 k Ω), meça a resistência em suas extremidades. $R_{p2} =$ _____.

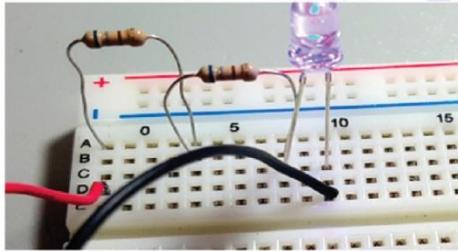


Resistores em paralelo - O Autor

Conecte o terceiro resistor abaixo dos dois primeiros e meça a resistência em suas extremidades. $R_{p3} =$ _____.

Atenção: Antes de fazer a montagem identifique o anodo e o catodo do Led. Verificar se está tudo corretamente montado, observando as voltagens, a montagem e as polaridades dos componentes que foram utilizados para não ocorrer o risco de queimar o circuito.

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO (LED E RESISTORES) **3** ATIVIDADE



Led e Resistores em Série - O Autor

Monte o circuito em série com base na figura ao lado, utilizando a placa protoboard, as pilhas, dois resistores e um Led.

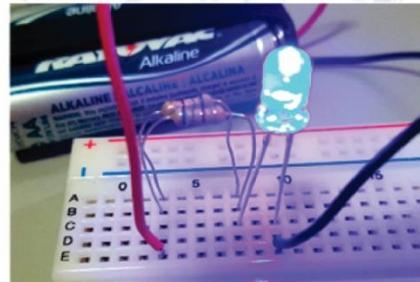
Em seguida, meça a queda de tensão em cada resistor, no Led e no gerador.

UR1=____; UR2=____;
ULed=____; Ugerador=____.

ATIVIDADE **4** ASSOCIAÇÃO (RESISTORES): EM PARALELO

Agora utilizando o equipamento da atividade 3, vocês devem associar os resistores em paralelo, e em seguida o Led, e o gerador em série. Observe o que acontece ao Led. Em seguida, utilizando o multímetro faça as leituras das quedas de tensão nos resistores, no Led e no gerador.

UR1=____; UR2=____;
ULed=____; Ugerador=____.



Led e Resistores em Paralelo - O Autor

DE ACORDO COM AS ATIVIDADES 3 E 4, RESPONDA

1) Em qual dos dois circuitos que você montou, o led teve maior intensidade luminosa? Tente explicar porque isso acontece.

2) O que acontece, quando apenas retiramos um resistor do circuito na atividade 3? E se fizermos o mesmo na atividade 4? O que mudou? Explique utilizando conceitos físicos.

REFERÊNCIAS
- MATIAS, Roque. Física geral para ensino médio. 2ª ed. São Paulo: editora HARBRA, V. único, 2011. - PAULA, Hélder F.; ALVES, Esdras G.; MATEUS, Alfredo. Quântica para iniciantes: Investigações e Projetos. Belo Horizonte: editora UFMG, 2011; 204p. - <http://eletronicaemcasa.blogspot.com.br/2013/02/como-funciona-o-diodo.html>, acesso em 14/09/2015, às 23h35min. - <http://eletronicaemcasa.blogspot.com.br/2013/02/como-funciona-o-diodo.html>, acesso em 14/09/2015, às 23h35min.

FONTE DE TENSÃO QUE DE MODO

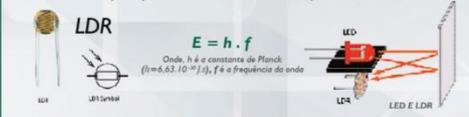
OBJETIVO

Construir uma fonte de tensão direta de valor variável; entender o funcionamento de um resistor LDR e suas aplicações; reconhecer a natureza de um transistor e como é o seu funcionamento.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR)

Em português Resistor Dependente de Luz ou Fotorresistência é um componente eletrônico passivo do tipo resistor variável, mais especificamente, é um resistor cuja resistência varia conforme a intensidade da luz que incide sobre ele. Tipicamente, à medida que a intensidade da luz aumenta, a sua resistência diminui.

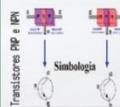
O LDR é construído a partir de material semiconductor com elevada resistência elétrica. Quando a luz que incide sobre o semiconductor tem uma frequência suficiente, os fótons que incidem sobre o semiconductor libertam elétrons para a banda condutora que irão melhorar a sua condutividade e assim diminuir a resistência. De acordo com Max Planck, a energia (E) de uma onda eletromagnética é proporcional a frequência da onda:



TRANSISTOR

O transistor foi inventado nos Laboratórios da Beel Telephone em dezembro de 1947 (e não em 1948 como é frequentemente dito) por Bardeen e Brattain. O nome transistor foi derivado de suas propriedades intrínsecas "resistor de transferência", em inglês: (TRANSfer reSISTOR). Os Laboratórios Bell mantiveram essa descoberta em segredo até junho de 1948 (daí a confusão com as datas de descobrimento).

O transistor é um componente eletrônico muito utilizado como comutador em Eletrônica Digital (funcionamento na região de corte e na de saturação). Na Eletrônica Analógica, aparece sobretudo, como dispositivo linear (funcionamento na região ativa). É alimentado por uma tensão constante entre 5v e 15v (valores típicos para transistores como os utilizados no tra



balho prático). Os transistores baseados na tecnologia bipolar são constituídos por 2 junções de material semiconductor pn com uma secção comum (a base). Existem 2 tipos: npn ou pnp conforme a base do tipo p ou do tipo n. A matéria prima utilizada é normalmente o Silício (com menos frequência o Germânio)

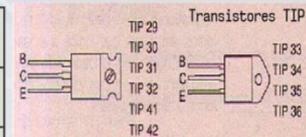
TRANSISTORES DA SÉRIE TIP

Transistores de potência para correntes contínuas, baixas e médias potências encontram uma infinidade de usos. Fontes de alimentação lineares e chaveadas, inversores, controles de potência, amplificadores de áudio são alguns exemplos de circuitos onde tais transistores podem ser usados. Uma das séries mais importantes de transistores de potência é a formada pelos componentes cujos tipos começam pelas letras TIP. Lançados originalmente pela Texas Instruments, hoje eles podem ser encontrados, com as mesmas designações de tipos de diversos outros fabricantes. A seguir daremos as características dos principais tips, tendo como referência as características dos originais da Texas Instruments. Os mesmos tipos de outros fabricantes podem ter pequenas diferenças em relação às características. Isso significa que, nos projetos mais críticos, o montador deve tomar cuidado ao usar um que não seja original.

SÉRIE DE BIPOLARES

Esta série conta com transistores bipolares NPN e PNP que vão do TIP29 ao TIP41. Nesta série, os tips com números ímpares são NPN e os tips com números pares são PNP. Os sufixos podem ser A, B ou C, conforme as tensões máximas entre coletor e emissor. Assim, temos como regra geral para os transistores dessa série as seguintes tensões máximas, conforme sufixo:

Sufixo	Vce ou Veb (max)
sem Sufixo	40 v
A	60 v
B	80 v
C	100 v



É sempre possível usar um transistor do mesmo tipo em uma aplicação, com o sufixo que represente uma tensão maior do que o original. Por exemplo, um TIP31B substitui com vantagem um TIP31A ou TIP31.

PODE SER MODIFICADA CONTÍNUO

SIGNIFICADO DOS PARÂMETROS

Vce é a tensão máxima entre o coletor e o emissor. Quando essa especificação é acompanhada de "o" (open) como em V_{ce0} , significa a tensão máxima entre coletor e emissor quando a base está aberta.

Ic é a corrente máxima de coletor. Trata-se da corrente contínua máxima que o componente pode conduzir.

hFE é o ganho estático de corrente, normalmente especificado para uma tensão entre coletor e emissor de 10 V quando o componente conduz uma corrente de 1 A.

Pd é a potência máxima que o componente pode dissipar quando montado num dissipador ideal.

fT é a frequência de transição, ou seja, a frequência em que o ganho de corrente do componente cai para 1. Além dessa frequência o componente deixa de amplificar os sinais.

NPN	Tipo	Vce (V)	Ic (max) (A)	hFE (min)	Pd (W)	fT (MHz)
	TIP41	40	6	20	65	3

MATERIAIS



Figura 5 – potenciômetro de 5 kΩ

- 01 PROTOBOARD;
- 01 TRANSISTOR TIP 41;
- 01 RESISTOR DE 670 Ω;
- 01 POTENCIÔMETRO DE 5 KΩ (CINCO QUILO OHM);
- 01 SUPORTE PARA DUAS PILHAS EM SÉRIE (3,0 V) (AA);
- 02 PILHAS DE 1,5 V, CADA (AA);
- ALGUNS PEDAÇOS DE FIOS FLEXÍVEIS (JUMP'S);
- 01 LED DE ALTO BRILHO (5mm);
- 01 RESISTOR LDR;
- 01 MULTÍMETRO

PROCEDIMENTO



O potenciômetro possui três terminais (1, 2, 3), encaixe o terminal 2 na coluna 40, linha J de seu protoboard. O transistor TIP deve ser colocado na linha I, sua base (B) deve estar na coluna do terminal 2 (40) do potenciômetro; seu coletor (C) estará na coluna 42 e seu emissor (E) na coluna 44. O anodo do Led de alto brilho estará na coluna 44, porém na linha H. Seu catodo ficará na linha C, coluna 18. Na linha B, coluna 18 você posicionará a extremidade do LDR, a outra extremidade estará na linha B coluna 22. A extremidade 3 do potenciômetro está posicionada na coluna 38, ainda nessa coluna e na linha I coloque a extremidade do resistor de 670 Ω; a outra extremidade deste ficara na coluna 34, da mesma linha. Nesta coluna (34) linha H, você irá colocar o pólo negativo da pilha e ainda nesta coluna, porém na linha G, você colocará a extremidade de um pedaço de fio, a outra extremidade será posicionada na coluna 22, linha C. Falta apenas o pólo positivo da pilha (antes de colocá-lo, gire o botão do potenciômetro no sentido anti-horário), este ficará na coluna do coletor (C) do TIP 41, porém na linha G. O seu circuito deve ser semelhante a figura 6.

ATIVIDADE 1

O seu circuito deve estar funcionando e o Led deve estar aceso. Cubra a superfície do LDR e observe o que ocorre com o Led. Explique o que aconteceu, utilize os conceitos do LDR.

ATIVIDADE 2

Gire o botão do potenciômetro, lentamente, no sentido horário e observe o Led. Com cuidado, retire apenas o potenciômetro do protoboard e com o auxílio do multímetro, meça a resistência entre os terminais 1 e 3 deste. Em seguida meça entre 1 e 2. Gire o botão no sentido horário e meça novamente entre 1 e 2. Agora explique o aconteceu com o Led, quando você girou o botão do potenciômetro.

REFERÊNCIAS
 PAULA, Heider. ALVES, Esdras. MATEUS, Alfredo. Quântica para iniciantes: investigações e projetos. Ed. UFMG. HTTP://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/721-transistores-da-serie-tip-art086, acesso em 28/10/2015, as 22h39min. HTTP://www.cear.ufpb.br/~mauricio/wp-content/uploads/2015/05/Transistor.pdf

LEITOR ÓPTICO



CONSTRUINDO UM LEITOR ÓPTICO

OBJETIVO

Conhecer o princípio físico envolvido no efeito fotoelétrico; identificar suas aplicações para tecnologias presentes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No ano de 1887, Heinrich Hertz experimentava a detecção e a produção de ondas eletromagnéticas quando observou que um bloco metálico se eletrizava quando iluminado por radiação ultravioleta. No ano seguinte, Wilhelm Hallwachs investigou o que ocorria com superfícies metálicas previamente eletrizadas quando submetidas à iluminação, tendo determinado que apenas a carga elétrica negativa fosse retirada do metal, por esse processo. O físico alemão Phillip Von Lenard mostrou, em 1889, que o fenômeno apresentado por Hertz envolvia a emissão de partículas negativas da superfície metálica, devido à iluminação, o que justifica a denominação **efeito fotoelétrico**.



Assim pode-se constatar que o efeito fotoelétrico é um fenômeno onde uma radiação eletromagnética poderia arrancar elétrons da superfície de um metal.

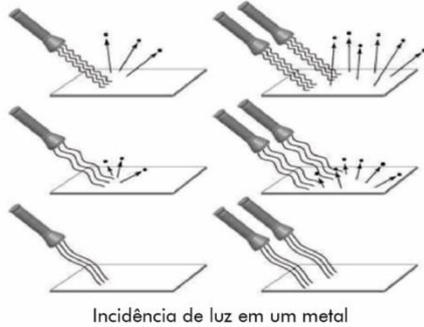
Em 1905, Albert Einstein generalizou a ideia de Planck, estabelecendo nova interpretação para a energia e para a intensidade da luz; a luz é constituída por fótons; cada fóton de um feixe de luz de frequência f transporta uma energia proporcional a sua frequência de acordo com a equação de Planck, $E=h \cdot f$; a intensidade de um feixe luminoso é determinada pelo número de fótons que o constituem.

Admitindo a ideia de Einstein, quando o fluxo de fótons, viajando na velocidade da luz, incide na superfície metálica, há interação entre luz e matéria. Na colisão entre um fóton e um elétron, devido a **quantização**, é tudo ou nada: o elétron absorve toda a energia do fóton, e o fóton deixa de existir, ou nada absorve. No caso de ele absorver a energia do fóton, pode ser que ele consiga vencer a energia que o liga ao metal e que ainda haja energia suficiente para que escape (elétrons que escapam do metal graças ao efeito fotoelétrico são chamados fotoelétrons).

Esse fenômeno depende da frequência da radiação incidente, ou seja, quanto maior a frequência da radiação, maior será a energia cinética dos fotoelétrons arrancados da placa metálica. Existe uma frequência mínima para arrancar elétrons do material. Tal frequência é chamada de frequência de corte e depende da substância que constitui a placa.

Lembrando-se da Mecânica, da noção de trabalho, Einstein, denomina função trabalho a energia necessária para romper a ligação entre um dado elétron e o metal de origem. A equação a seguir mostra como calcular a energia cinética dos fotoelétrons arrancados.

& CÓDIGOS BINÁRIOS



EQUAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

$$E_C(\text{máx}) = E_{\text{(fotón)}} - E_{\text{ligação}}$$

$$E_C(\text{máx}) = h \cdot f - W$$

NESSA EQUAÇÃO, h É A CONSTANTE DE PLANCK $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, f É A FREQUÊNCIA E W É A FUNÇÃO TRABALHO, ISTO É, A ENERGIA MÍNIMA PARA LIBERTAR CADA ELÉTRON, CARACTERÍSTICA DE CADA METAL.

- Aumento da *intensidade* da luz \Rightarrow mais fótons \Rightarrow mais elétrons ejetados
- Diminuição da *frequência* da luz \Rightarrow fótons menos energéticos \Rightarrow elétrons com menor energia
- Abaixo do *limiar* da frequência \Rightarrow fótons só soltam o elétron \Rightarrow não ocorre efeito fotoelétrico

UMA DAS APLICAÇÕES DO EFEITO FOTOELÉTRICO PARA A TECNOLOGIA ATUAL É A LEITURA DO CÓDIGO DE BARRAS.

CÓDIGO DE BARRAS:

É FORMADO POR VÁRIAS REGIÕES CLARAS E ESCURAS INTERCALADAS. O LEITOR DO CÓDIGO DE BARRAS, POR SUA VEZ, É CONSTRUÍDO POR UM DISPOSITIVO EMISOR DE LUZ ACOPLADO A UM DISPOSITIVO DE RECEPTOR DE LUZ QUANDO ATINGE A REGIÃO CLARA, A LUZ ENVIADA PELO EMISSOR É REFLETIDA EM INTENSIDADE SUFICIENTE PARA SENSIBILIZAR O RECEPTOR; ENTÃO, UM CIRCUITO ELETRÔNICO INTERPRETA ESSE ESTADO DO RECEPTOR E PODE LHE ATRIBUIR O RECEBIDO. SE A LUZ ATINGIR UMA REGIÃO ESCURA, NÃO HAVERÁ LUZ REFLETIDA SUFICIENTE PARA SENSIBILIZAR O RECEPTOR; NESSE CASO, O CIRCUITO ELETRÔNICO VAI FORNECER COMO RESPOSTA O NÚMERO "0" OU SEJA, AUSÊNCIA DE SINAL. ASSIM O LEITOR ÓTICO FUNCIONA ACOPLADO A COMPUTADORES, GERANDO UM FEIXE DE LASER (SIGLA EM INGLÊS PARA "AMPLIFICAÇÃO DA LUZ PELA EMISSÃO ESTIMULADA DE RADIAÇÃO") E O EMITE NA DIREÇÃO DE UM ESPELHO. DEPOIS, ESSE FEIXE É REFLETIDO PARA OUTRO ESPELHO, QUE, POR SUA VEZ, TEM UMA CERTA OSCILAÇÃO HORIZONTAL GERADA POR UM ELETROÍMÃ. DESSA FORMA, A LEITORA CRIA UMA ESPÉCIE DE "VARREDURA", QUE É EMITIDA PELA ABERTURA FRONTAL DO EQUIPAMENTO NA FORMA DE UM FEIXE DE LUZ HORIZONTAL. É ELE QUE IRÁ PERCORRER O CÓDIGO DE BARRA ESTAMPADO NO PRODUTO. NO MOMENTO DA LEITURA PROPRIAMENTE DITA, AS BARRAS ESCURAS ABSORVEM A LUZ EMITIDA PELA MÁQUINA. ENQUANTO ISSO, AS BARRAS CLARAS FAZEM O CONTRÁRIO, REFLETINDO A LUZ DE VOLTA AO APARELHO. ASSIM, PARTE DO LASER EMITIDO RETORNA AO EQUIPAMENTO, ONDE É CAPTADA E DIRECIONADA A UM SENSOR FOTOELÉTRICO. ESSE COMPONENTE TRANSFORMA A LUZ REFLETIDA EM SINAIS ELÉTRICOS, QUE SÃO CONVERTIDOS EM SINAIS DIGITAIS CORRESPONDENTES AOS DADOS CODIFICADOS.



Figura 3 – Código de barras

Letra	Decimal	Binario	Letra	Decimal	Binario	Letra	Decimal	Binario
—	0	00000	I	10	01010	Q	20	10100
A	1	00001	J	11	01011	R	21	10101
B	2	00010	K	12	01100	S	22	10110
C	3	00011	L	13	01101	T	23	10111
Ch	4	00100	M	14	01110	U	24	11000
D	5	00101	N	15	01111	V	25	11001
E	6	00110	O	16	10000	W	26	11010
F	7	00111	P	17	10001	X	27	11011
G	8	01000		18	10010	Y	28	11100
H	9	01001		19	10011	Z	29	11101

TABELA DO CÓDIGO

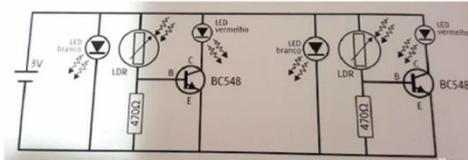


LEITOR ÓPTICO

MATERIAIS

- 02 LED'S (ALTO BRILHO) BRANCO;
- 02 LED'S (ALTO BRILHO) (VERMELHO, ALARANJADO OU AZUL);
- 02 TRANSISTORES BC 548;
- 01 PEDAÇO DE CARTOLINA BRANCA (21CM X 21CM);
- 01 PEDAÇO DE CARTOLINA PRETA (21CM X 21CM);
- 02 PILHAS DE 1,5 V (AA);
- 01 SUPORTE PARA PILHAS EM SÉRIE (3V) (AA);
- 02 RESISTORES DE 670 Ω ;
- 01 PROTOBOARD;
- 02 LDR;
- 04 JUMP'S (\approx 7CM).

ESQUEMA DE MONTAGEM

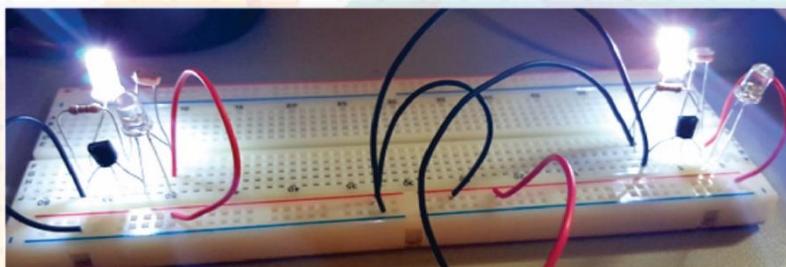
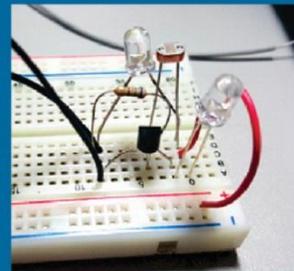


OBSERVAÇÃO

- LEMBRE-SE DE FICAR ATENTO EM RELAÇÃO À POLARIDADE DOS LEDS E DO TRANSISTOR, POIS, SE LIGÁ-LOS DE FORMA INVERTIDA, OS COMPONENTES QUEIMARÃO AO USO DA FONTE.

PROCEDIMENTOS

Coloque o Led branco na linha E (coluna 0 e 8), em seguida posicione o LDR na linha D (coluna 0 e 3), na linha C, posicione o resistor de 670 Ω (coluna 3 e 8). O transistor BC 548 será colocado na linha B, o coletor (C) na coluna 1, a base (B) na coluna 3 e emissor (E) na coluna 8. O Led azul será posicionado na linha A, com o anodo na coluna 0 e o catodo em 1. O gerador (as pilhas), serão conectadas com o pólo positivo na coluna 0 e o pólo negativo na coluna 8. Na outra extremidade do protoboard, a partir da coluna 40, proceda da mesma forma.



Leitor de código de barras completo - O Autor



ATIVIDADE 1

Pegue a cartolina branca e posicione-a sobre o conjunto LED branco/LDR (as pilhas devem estar conectadas). Depois pegue a cartolina preta e realize o mesmo procedimento, observe o que aconteceu e depois responda:

Por que o LED colorido acende quando você coloca uma folha branca no conjunto LED branco/LDR? E por que ele não acende quando você coloca uma folha preta?

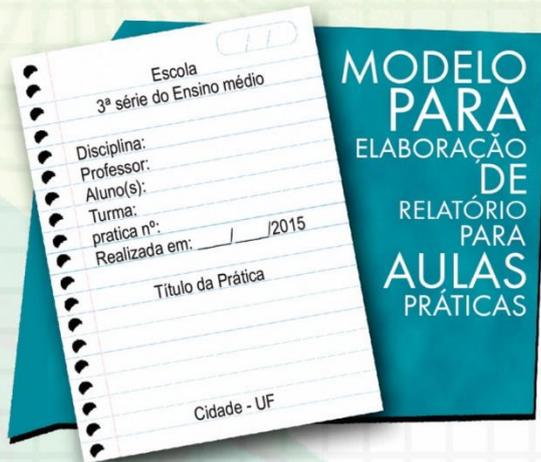
ATIVIDADE 2

Pegue a cartolina preta e divida-o em tiras de largura 3 cm, em seguida cole no pedaço de cartolina branca (uma tira a cada 3cm). A seguir posicione a parte branca da folha sobre o conjunto LED branco/LDR (as pilhas devem estar conectadas). Depois pegue a parte preta da folha e realize o mesmo procedimento, observe o que aconteceu e depois responda:

A partir do que você observou no experimento, explique como funciona um leitor óptico.

Referências

- PAULA, Heider. ALVES, Esdras. MATEUS, Alfredo. Quântica para iniciantes: investigações e projetos. Ed. UFMG.
- RAMALHO E OUTROS AUTORES. Fundamentos de Física. Ed. Moderna.
- MATIAS, Roque. FRATTEZI, André. Física Geral. Ed. Harbra.



Formatação ‘ ’

O relatório deverá obedecer à seguinte formatação:

.....

- Papel formato A4;
- Fonte Arial, 12, justificado;
- Margens: 2,0 x 2,0 x 2,0 x 2,0;
- Espaçamento entre linhas: 1,0;
- Sem links.

ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS

• NÃO ESQUECER LEGENDAS DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS.

TABELA: legenda se localiza na parte superior da tabela.

FIGURA: legenda se localiza na parte inferior da figura.

GRÁFICO: é a maneira de detectar visualmente como varia uma quantidade (y) a medida que uma segunda quantidade (x) também varia; é imprescindível o uso de papel milimetrado para construção de um gráfico.

EIXOS:

• **HORIZONTAL (abscissa):** representa a variável independente; é aquela cujo valor é controlado pelo experimentador;

• **VERTICAL (ordenada):** representa a variável dependente; cujo valor é medido experimentalmente.

ESCOLHA DAS ESCALAS: suficientemente expandida de modo a ocupar a maior porção do papel (não é necessário começar a escala no zero, sim num valor um pouco abaixo do valor mínimo medido).

SÍMBOLOS DAS GRANDEZAS: devem-se indicar junto aos eixos os símbolos das grandezas correspondentes divididos por suas respectivas unidades;

LEGENDA: na parte inferior do gráfico.

• ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

A seguir encontra-se descrito um modo simples e eficiente de elaboração de um relatório de prática.

Lembre-se que o relatório é um documento de registro e valerá uma nota.

Use linguagem científica e escreva de forma coerente, clara e lógica seu trabalho.

I- INTRODUÇÃO

Apresentar os pontos básicos do estudo e das etapas envolvidas no experimento, informando os princípios químicos, físicos ou biológicos referentes às técnicas empregadas. Caso haja mais de um método de experimentação para o mesmo objetivo, fazer um rápido comentário sobre cada um deles, citando vantagens e desvantagens.

Sempre colocar aplicações da prática no dia-a-dia.

A introdução não pode ser escrita em tópicos.

Cuidado com a veracidade da informação obtida!

II- OBJETIVOS

Descrever o objetivo da prática realizada de forma clara e sucinta.

III- MATERIAIS E MÉTODOS

a) Materiais utilizados:

Elaboração de uma lista de materiais utilizados no experimento. Indicando a quantidade dos reagentes, vidrarias e demais aparelhos.

ATENÇÃO: nem sempre o que está no roteiro foi utilizado na prática e vice-versa.

b) Metodologia:

Descrever detalhadamente os procedimentos e etapas da experiência.

Este item deve conter elementos suficientes para que qualquer pessoa possa ler e reproduzir seu experimento.

Não escreva a metodologia em tópicos.

Não se devem incluir resultados nem discussões.

Relatório, principalmente na parte da metodologia, deve ser redigido na forma impessoal no tempo passado. Exemplo: a massa do sólido foi pesada na balança.

c) Esquema de aparelhagem

Fazer um desenho do aparelho montado utilizado na prática e indicar no esquema o nome de cada equipamento, vidraria.

IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentar, em ordem cronológica e lógica, os resultados assim como analisá-los com as observações e comentários pertinentes.

Nesta parte também deve ser registrado detalhes importantes da metodologia usada.

Resultados inesperados devem ser observados e relatados, procurando uma justificativa plausível para o fato.

Tabelas, gráficos e figuras sempre que forem pertinentes devem ser utilizadas.

V- CONCLUSÃO

A partir das relações entre a parte teórica e as atividades executadas no laboratório, conclua o experimento realizado, de forma concisa, procurando observar a ideia principal do experimento. Explicando o porquê do fenômeno observado.

Conclusão não é uma síntese do que foi feito e também não é a repetição da discussão.

VI- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Listar bibliografias consultadas para elaboração do relatório, utilizando-se as normas recomendadas pela ABNT.

OBSERVAÇÃO: Wikipédia não é considerada referência.

CITAÇÃO DE AUTORES NO TEXTO:

Um autor: Indicação do SOBRENOME do autor em maiúscula, seguindo do ano de publicação.

"SANTOS (2008) observou que... "ou". Em pesquisa anterior (SANTOS, 2008), observou que..."

Dois autores: indicação dos dois autores unidos por "e", seguindo do ano de publicação.

"SANTOS e GUARINO (2009)" ou "(SANTOS e GUARINO, 2009)"

Três autores: Todos os três devem ser referenciados.

"SANTOS, GUARINO e ROJAS (2005)" OU "(SANTOS, GUARINO e ROJAS, 2005)"

Mais de três autores: Deve-se colocar a expressão "et al." (que significa demais autores) após o primeiro autor, seguido do ano de publicação.

"GUARINO et al. (2005)" ou "(GUARINO et al., 2005)"

PARA LIVROS, FOLHETOS, TESES, MONOGRAFIAS, ETC...

AUTOR(es)// Título/subtítulo (se houver)//Edição//Local:Editora, /Ano.//Dados complementares (características físicas, Coleção, notas e ISBN)

ISBN - Número Internacional Padronizado para Livros (International Standard Book Number)

Exemplos:

Um autor:

MOTTA, Fernando C. P. Teoria geral da administração: uma introdução. 22ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

Dois autores:

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. Management information systems: new approaches to organization & technology. 5ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

PARA AULAS PRÁTICAS

Três autores:

BIDERMAN, C.; COZAC, L.F.L.; REGO, J. M. Conversas com economistas brasileiros. 2ed. São Paulo: Ed. 34, 1997

Mais de três autores:

SLACK, N et al. Administração da produção. São Paulo: atlas, 1997.

• PARA ARTIGOS E REVISTAS.

AUTOR(es).//Título do artigo/subtítulo (quando houver).//Título da publicação.//volume, número/página inicial e final do artigo.//Data da publicação.

REZENDE, C. S.; REZENDE, W. W. Intoxicação exógenas. Revista Brasileira de Medicina. v. 59, p. 17-25. jan./fev. 2002.

• PÁGINAS DA INTERNET

Enciclopédia da música brasileira. São Paulo. 1998. Disponível em: <HTTP://www.uol.com.br/encmusical/>. Acessado em: 16 ago. 2001
GUARINO, A. Roteiros de práticas. Disponível em <HTTP://www.unirio.br/laqam/>. Acessado em: 09 set. 2009

5 EXERCÍCIOS DE FÍSICA QUÂNTICA

1) A frequência do espectro de luz visível vermelha é de $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz e da luz violeta é de $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz. Calcule a energia de um fóton da luz vermelha e de um fóton da luz violeta. Dado: a constante de Planck, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s.

2) O que é um quantum? Por que dizemos que a energia é uma grandeza quantizada? Explique

3) Quando aumentamos a frequência de uma onda eletromagnética, o que acontece com o quantum de energia? Justifique sua resposta.

4) O elétron apresenta um comportamento ondulatório ou corpuscular? Explique.

5) Leia a frase e identifique os pontos que, segundo o seu conhecimento de física quântica, não estão de acordo com o efeito fotoelétrico. Justifique.

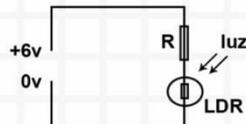
"Um feixe de luz violeta arranca elétrons ao atingir uma lâmina metálica, no entanto um feixe de mesma intensidade, porém de luz amarela, não consegue arrancar elétrons. Se for aumentada a intensidade da luz amarela, ela poderá também arrancar elétrons."

6) A frequência mínima que uma radiação precisa ter para extrair elétrons de uma placa de tungstênio é igual a $1,1 \cdot 10^{15}$ Hz. Sendo $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s a constante de Planck, $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s a velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo, e $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ Kg a massa do elétron, encontre:

a) A função trabalho para o tungstênio, em joules e em elétron-volt; Dado: $1 \text{ eV} = 1 \text{ elétron-volt} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

b) A energia cinética máxima e a velocidade máxima dos elétrons emitidos pelo tungstênio, no vácuo, quando nele incide uma radiação de comprimento de onda igual a $0,18 \mu\text{m}$.

7) Certos resistores quando expostos à luz variam sua resistência. Tais resistores são chamados LDR (do Inglês: "Light Dependent Resistor"). Considere um típico resistor LDR feito de sulfeto de cádmio, o qual adquire uma resistência de aproximadamente 100Ω quando exposto à luz intensa, e de $1 \text{ M}\Omega$ quando na mais completa escuridão. Utilizando este LDR e um resistor de resistência fixa R para construir um divisor de tensão é possível converter a variação da resistência em variação de tensão sobre o LDR, com o objetivo de



operar o circuito como um interruptor de corrente (circuito de chaveamento). Para esse fim, deseja-se que a tensão através do LDR, quando iluminado, seja muito pequena comparativamente à tensão máxima fornecida, e que seja de valor muito próxima ao desta, no caso do LDR não iluminado. Qual dos valores de R abaixo é o mais conveniente para que isso?

a) 100Ω . b) $1 \text{ M}\Omega$. c) $10 \text{ K}\Omega$. d) $10 \text{ M}\Omega$. e) 10Ω .

8) Com relação ao efeito fotoelétrico, julgue as seguintes afirmações:

1. (C) (E) A ocorrência desse efeito depende da frequência, e não da intensidade da radiação.

2. (C) (E) É possível que esse efeito ocorra com luz azul fraca e não ocorra com luz vermelha intensa.

3. (C) (E) A velocidade com que um elétron é ejetado depende da frequência da radiação usada, mas, não de sua intensidade.

4. (C) (E) Supondo que o fenômeno ocorra em uma determinada região de uma placa metálica, o número de elétrons extraídos depende da intensidade de luz utilizada.

5. (C) (E) Para uma determinada radiação incidente, a velocidade dos elétrons ejetados depende do material usado na experiência.

9) A mínima energia necessária para extrair um elétron de uma chapa de ferro é igual a $4,5 \text{ eV}$. Quando fótons de radiação ultravioleta incidem nessa chapa, a energia cinética máxima dos elétrons ejetados é igual a $1,5 \text{ eV}$. Determine a frequência dos fótons incidentes na chapa (considere a constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s).

10) Se um corpo negro cuja temperatura absoluta é T se encontra em um ambiente cuja temperatura absoluta é T_a , a potência líquida que ele perde por emissão e absorção de ondas eletromagnéticas é dada por $P = \sigma A(T^4 - T_a^4)$, em que A é a área da superfície do corpo e $\sigma = 6 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$. Usando como referência uma pessoa com $1,70 \text{ m}$ de altura e 70 kg de massa, faça uma estimativa da área da superfície do corpo humano. A partir da área estimada, calcule a perda total diária de energia por emissão e absorção de ondas eletromagnéticas por essa pessoa se ela se encontra num ambiente a 27°C . Aproxime a duração de 1 dia por $9,0 \cdot 10^4 \text{ s}$.

11) Em 1905, Albert Einstein apresentou seu trabalho referente ao efeito fotoelétrico. Este explicou, com base na hipótese de Max Planck apresentada em 1900, segundo a qual a radiação térmica emitida por um corpo negro é constituída por quanta de energia, que a energia dos elétrons emitidos por uma placa metálica iluminada depende apenas da frequência da luz incidente. Naquele período, constatou-se que, para alguns fenômenos que ocorrem com a luz, ela se comporta como onda produzindo interferência (como no experimento da dupla fenda de Young). Entretanto, em outros fenômenos ela apresenta comportamento de partícula (como no efeito fotoelétrico). Diz-se então que a luz possui uma natureza dual: ora se comporta como uma onda, ora se comporta como partícula. A respeito da dualidade onda-partícula da luz, apresentam-se as seguintes proposições:

I. O comportamento ondulatório e o comportamento corpuscular da luz são simultâneos.

II. O comportamento ondulatório da luz exclui seu comportamento corpuscular.

III. O comportamento ondulatório e o comportamento corpuscular da luz são equivalentes.

Com relação às proposições apresentadas, é correto afirmar que:

a) apenas II é verdadeira. d) I e III são verdadeiras.

b) II e III são verdadeiras. e) apenas III é verdadeira.

c) apenas I é verdadeira.

