



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**ÉRICA DA SILVA VALENTIM DO CARMO**

**O EFEITO FOTOELÉTRICO COMO PROPOSTA DE  
INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO**

ARIQUEMES - RO  
2012

**Érica da Silva Valentim do Carmo**

**O EFEITO FOTOELÉTRICO COMO PROPOSTA DE  
INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Licenciatura em Física, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente como requisito parcial à obtenção do grau do Licenciado.

Prof<sup>o</sup> Orientador: Ms. Thiago Nunes Jorge

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Informação da FAEMA, Biblioteca Júlio Bordignon, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA em Ariquemes/RO. Com os dados fornecidos pelo ( a ) autor (a)**

621.32063

C287e

CARMO, Érica da Silva Valentim

O efeito fotoelétrico como proposta de inserção da física moderna no ensino médio / Érica da Silva Valentim Carmo – Ariquemes: FAEMA, 2012.

41 f. il.; 30 cm.

Monografia de Conclusão de Curso ( Licenciatura em Física) –

**Érica da Silva Valentim do Carmo**

# **O EFEITO FOTOELÉTRICO COMO PROPOSTA DE INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Licenciatura em Física da Faculdade de Educação e Meio Ambiente como requisito parcial à obtenção do grau do Licenciado.

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Orientador: Ms. Thiago Nunes Jorge  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Prof. Ms. Gustavo José Farias  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Nathália Vieira Barbosa  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Ariquemes, 30 de Novembro de 2012

A Deus, por ser minha fortaleza.

A meus pais, pela minha vida.

A meu esposo, por iluminar os meus dias.

A meus filhos, razão de minha existência.

A minhas irmãs, pela confiança.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar-me na execução deste trabalho.

Ao Prof. Orientador Thiago Nunes Jorge, pela dedicação em todas as etapas deste trabalho.

A meu esposo, por incentivar e acreditar em mim.

A meu filho, pois me fez rir nos momentos de tristeza.

A meus pais, que sempre me deram força durante este curso.

A minhas irmãs, por confiar e ajudar durante esta jornada, em especial a Sidinéia por motivar nesta etapa final de curso.

Aos professores e aos colegas de turma, Daiane, Danielle, Raquel, Geiliani, Suelem, Isaac, Reginaldo e Wallas, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas, em particular Daiane, pois me ajudou e incentivou nos momentos mais difíceis durante o curso.

As sobrinhas Thairine, Thaynara, Ana Jacira e cunhada Aranir pela colaboração e por serem prestativas nos momentos de precisão e, por contribuírem indiretamente durante o curso de física.

Deus não escolhe os capacitados,  
capacita os escolhidos.  
Fazer ou não fazer algo  
só depende de nossa vontade  
e perseverança.

ALBERT EINSTEIN

## RESUMO

A física é uma área de estudo fascinante, uma das mais interessantes áreas do conhecimento, onde há sempre uma nova surpresa a cada descoberta. Todavia, ela não é reconhecida desta forma pela grande maioria dos alunos do ensino médio, pois além de terem dificuldades em aprender o conteúdo de física, ainda não conseguem associá-lo a situações que por ventura tendem a surgir em seu cotidiano. É neste sentido que este trabalho contextualiza um tema que se torna cada vez mais conhecido pelas pessoas, porém, menos entendido, o chamado, efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico advém de um ramo da física conhecida como física moderna que quase não é ensinado aos alunos no ensino médio. Este trabalho apresenta uma revisão teórica sobre o tema e sua utilidade prática como contextualização do efeito fotoelétrico, além de mostrar sua importância para o ensino dos alunos no ensino médio. Como proposta de ensino será apresentado aos alunos do ensino médio o conceito de efeito fotoelétrico e sua utilidade nas inovações tecnológicas, bem como portas e torneiras automáticas, postes de iluminação pública acende automaticamente, apresentar dois experimentos do efeito fotoelétrico.

Palavras - chave: Ensino de Física, Efeito Fotoelétrico, Ensino Médio.



## **ABSTRACT**

Physics is a fascinating area of study, one of the most interesting areas of knowledge where there is always a new surprise every discovery. However, it is not recognized in this way by most high school students, as well as having difficulties in learning physics content, still cannot associate it with situations that tend to arise by chance in their daily lives. It is in this sense that this work contextualizes a topic that is becoming more known by people, but less understood, called the photoelectric effect. The photoelectric effect comes from a branch of physics known as modern physics, which is barely taught in high school students. This paper presents a theoretical review on the subject and its practical utility as contextualization of the photoelectric effect, and to demonstrate its importance to the education of students in high school. How education proposal will be presented to high school students the concept of the photoelectric effect and its usefulness in technological innovations as well as doors and automatic faucets, streetlights lights automatically present two experiments of the photoelectric effect.

Keywords - Keywords: Teaching of Physics, Photoelectric Effect, High School.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Onda eletromagnética transversalansversal.....	17
Figura 2 - Montagem usada por Hertz para suas experiênciasl.....	18
Figura 3 - Arranjo experimental do efeito fotoelétrico.....	19
Figura 4 - Tubos de raios catódicos incidente .....	20
Figura 5 - Variação da energia cinética dos elétrons ejetados em função da freqüência.....	22
Figura 6 - Ilustração do Efeito Fotoelétrico .....	24
Figura 7 - Porta automática .....	26
Figura 8 - Poste de iluminação pública acendimento automático.....	27
Figura 9 - Torneira automática .....	27
Figura 10 - Célula fotoelétrica .....	28
Figura 11 - Estrutura de uma célula fotovoltaica. ....	29
Figura 12 - Circuito montado “Controle Automático de Iluminação”.....	30
Figura 13 - Circuito montado “Luz e Condução da Eletricidade”.....	31
Figura 14 - O sistema montado “Controle Automático de Iluminação”.....	31

Figura 15 - O sistema montado “Luz e Condução da Eletricidade” .....	32
Figura 16 - O sistema funcionando “Controle Automático de Iluminação” .....	33
Figura 17 - O sistema funcionando “Luz e Condução da Eletricidade” .....	33

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
<b>4 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
4.1 A FÍSICA MODERNA E O EFEITO FOTOELÉTRICO – UMA BREVE HISTÓRIA .....	17
4.2 HEIRICH HERTZ E O EFEITO FOTOELÉTRICO.....	18
4.3 THOMPSON E A DESCOBERTA DO ELÉTRON.....	19
4.4 EINSTEIN E O EFEITO FOTOELÉTRICO EPÍGRAFE .....	20
4.5 PROBLEMAS NÃO EXPLICÁVEIS PELA FÍSICA CLÁSICA SOBRE O MODELO CORPUSCULAR DA LUZ.....	22
<b>4.5.1 Primeiro caso.....</b>	<b>22</b>
<b>4.5.2 Segundo caso.....</b>	<b>23</b>
<b>4.5.3 Terceiro caso.....</b>	<b>23</b>
4.6 HIPÓTESES DE EINSTEIN NA SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	23
4.7 INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA N ENSINO MÉDIO.....	25
4.8 APLICAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	26
<b>4.8.1 Células fotoelétricas ou fotocélulas.....</b>	<b>28</b>
<b>4.8.2 Célula fotovoltaicas .....</b>	<b>28</b>
4.9 PROPOSTAS COM ATIVIDADES COM EXPERIMENTOS.....	29
<b>4.9.1 Controle Automático de iluminação.....</b>	<b>30</b>
<b>4.9.2 Luz e condução de eletricidade.....</b>	<b>32</b>
4.10 VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	33

APÊNDICE A.....	32
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>

## INTRODUÇÃO

O ensino da física é importante para a divulgação da ciência e tecnologias para os estudantes do ensino médio, pois seu entendimento possibilita compreender os fenômenos naturais ligados a situações vividas pelos estudantes. No entanto, percebe-se que o ensino aplicado está distanciado da aplicabilidade e associação com situações problemas que ocorrem no cotidiano.

Para Gaspar (1996), o ensino da física nas escolas brasileiras vem recebendo, há anos, a crítica por não realizarem atividades experimentais; o único recurso do professor, segundo esse autor tem sido “saliva e giz”. É importante que a escola promova uma aprendizagem significativa em que permita ao aluno compreender o estudo da física de forma contextualizada, associando a teoria a prática, bem como as situações que por ventura vierem surgir no cotidiano.

Muitos alunos vêem o estudo da física necessário apenas para estudos de concursos públicos e vestibulares e não conseguem perceber sua importância em situações problemas, nem associam teoria à prática. Para Oliveira, Viana e Gerbassi (2007) outro fator é que o ensino médio para muitos alunos é a etapa final de estudos. Neste caso o ensino médio constitui o último contato formal com a física. O papel da escola é direcionar o aluno ao desenvolvimento do senso crítico, formando-o como cidadão pensante e atuante na sociedade em que o cerca, de modo a relacionar a teoria aprendida em sala de aula com a própria realidade. Pereira e Aguiar (2006) afirmam que o objetivo da escola deve voltar-se para a formação do jovem, independente de seus objetivos posteriores ao ensino médio, instrumentalizando-o para a vida, para raciocinar, compreender as causas e razões das coisas, exercer seus direitos de cidadania, cuidar da sua saúde, atuar, transformar, enfim, para realizar-se como sujeito de sua história e viver dignamente.

Inúmeras são as possibilidades de colocar em prática conhecimentos absorvidos durante as aulas de física, em especial, a chamada Física Moderna ou Contemporânea que surgiu no início do século XX. Atualmente a sociedade está cercada por aparelhos eletrônicos que vieram do desenvolvimento das teorias da física moderna cujo funcionamento não é abordado em sala de aula. Uma dessas teorias é chamada de efeito fotoelétrico, que é responsável por várias tecnologias encontradas diariamente, como por exemplo: o funcionamento de uma porta automática, o acionamento de uma torneira sem precisar ligá-la de forma casual, ou

o acender de uma lâmpada de iluminação pública sem a necessidade de ligar o interruptor. Associar a teoria com a realidade não deve ser restrita, pois em diversas situações problemas podem ser associados com as teorias estudadas no ensino da física moderna. É importante também que o aluno entenda que através dos conhecimentos adquiridos ele poderá identificá-los em situações que por ventura vierem surgir.

## **OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL:**

Relatar a importância do estudo do Efeito Fotoelétrico como forma de divulgação da Física Moderna no Ensino Médio. E contextualizar o efeito fotoelétrico através de sua aplicação no cotidiano, além de apresentar dois experimentos sobre esse efeito, possibilitando ao aluno perceber a relação entre a teoria e prática.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Estabelecer relações entre a Física Moderna estudada em sala de aula e o cotidiano do aluno;
- Propor a teoria apresentada sobre o efeito fotoelétrico com a prática desenvolvida através de experimentos.
- Propor, através do efeito fotoelétrico, a inserção da Física Moderna no Ensino Médio.
- Sugerir que o aluno responda um questionário para a verificação de aprendizagem, posteriormente faça um texto relatando sobre o tema abordado.



### 3 METODOLOGIA

Este estudo é fundamentado em pesquisas bibliográficas, tendo como material de apoio, artigos e livros, além de busca em sites como Google Acadêmico, Caderno Brasileiro do Ensino de Física, Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e o Caderno Catarinense do Ensino de Física, correspondentes aos anos de 1916 a 2012.

O conteúdo programático será desenvolvido em sala de aula, através de aula teórica e experimental sobre o efeito fotoelétrico, onde o professor utilizará materiais para a construção do “sistema de controle automático de iluminação” e “Luz e Condução de Eletricidade”. Posteriormente os alunos responderão um questionário sobre o efeito fotoelétrico e sua utilidade, após farão uma produção textual para verificação de aprendizagem.

Para a pesquisa nos bancos de dados acima citados foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Ensino de Física, Efeito Fotoelétrico e Ensino Médio.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 A FÍSICA MODERNA E O EFEITO FOTOELÉTRICO - UMA BREVE HISTÓRIA

Uma problemática da física moderna no final do século XIX era compreender o que acontecia quando se incidia um feixe de luz em uma chapa metálica. Importante lembrar que nesse tempo não existia a teoria do mundo subatômico, ou seja, a mecânica quântica. Para a explicação dos fenômenos que tem átomos e outras partículas pequenas, originou-se a mecânica estatística, com o objetivo de tratar os problemas de maneira clássica, fazendo uso da mecânica clássica. Neste período, a luz ainda era entendida como uma onda eletromagnética. Conforme ilustra a figura 1, e tinha-se que quanto maior a intensidade da luz, maior a quantidade de energia que ela transportava. Para Rezende (2004), quando a intensidade da luz aumenta, o número de elétrons incidentes por unidade de tempo aumenta proporcionalmente.

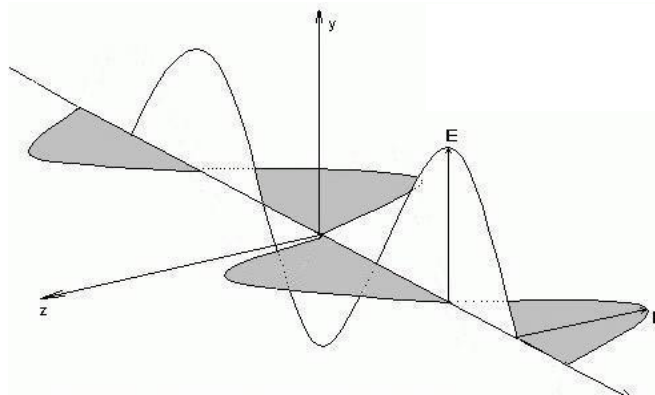


Figura 1: Onda eletromagnética transversal. Fonte: Unidual.kid.net.

Um relevante progresso no desenvolvimento das teorias sobre a natureza da luz ocorreu através do estudo de um fenômeno descoberto por Heinrich Hertz através de experiências ocorridas por acaso em 1887 quando ele estudava a ocorrência eletromagnética da luz. Segundo Santos (2002), essa descoberta ocorreu quando Hertz estudava a produção de descargas elétricas entre duas superfícies de metal em potenciais diferentes, ele observou que uma faísca proveniente de uma superfície gerava uma faísca secundária na outra, conforme a figura 2. Como a

descarga não era fácil era de ser visualizada, Hertz criou uma proteção sobre o sistema de modo a não permitir a dispersão da luz. Porém, isto provocou uma redução da faísca secundária.

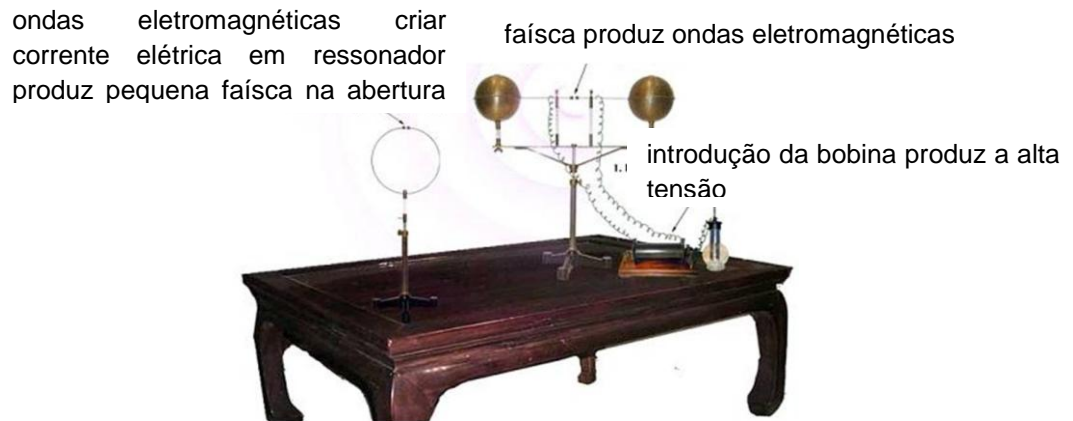


Figura 2: Montagem usada por Hertz para suas experiências. Fonte: sparkmuseum.com.

Segundo Santos (2002), constatou em seus experimentos que o fenômeno não era de natureza eletrostática, pois não havia diferença se a proteção era feita de material condutor ou isolante. Após uma série de experiências, Hertz, confirmou o seu palpite de que a luz poderia gerar faíscas. Também chegou à conclusão que o fenômeno deveria ser devido apenas à luz ultravioleta.

#### 4.2 HEINRICH HERTZ E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Heinrich Hertz foi um físico alemão responsável pela descoberta das ondas eletromagnéticas em 1887. Nascido em Hamburgo, começou seus estudos ainda jovem. Entre os anos de 1885 e 1889 produziu ondas eletromagnéticas em laboratório por meio de descargas elétricas entre duas superfícies de metal, medindo seu comprimento de onda e velocidade. Em suas experiências Hertz verificou que, no caso das ondas eletromagnéticas, também ocorre à reflexão especular quando as superfícies são ásperas, uma vez que as ondas eletromagnéticas têm seu comprimento maior que o comprimento de onda da luz. Em seus experimentos estudou a produção de descarga elétrica entre duas superfícies de metal em potenciais diferentes. Ele constatou que os fenômenos não eram da natureza eletrostática, pois não havia diferença se a proteção era feita de

material que conduzisse energia ou isolante. Hertz descobriu que uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorre mais facilmente quando se faz incidir sobre um deles luz ultravioleta. (EISBERG E RESNICK, 1979, p.51).

#### 4.3 THOMSON E A DESCOBERTA DO ELÉTRON

Posteriormente a descoberta de Hertz, Thomson em suas experiências percebeu que o experimento realizado por Hertz consistia na emissão de elétrons. Segundo Santos (2002), Thomson a fim de provar a descoberta de Hertz, demonstrou experimentalmente que as partículas emitidas no efeito fotoelétrico era o mesmo que para os elétrons associados aos raios catódicos. Também concluiu que esta carga é da mesma ordem que a carga adquirida pelo átomo de hidrogênio na eletrólise de soluções. Uma ilustração do arranjo deste experimento é demonstrada na figura 3.

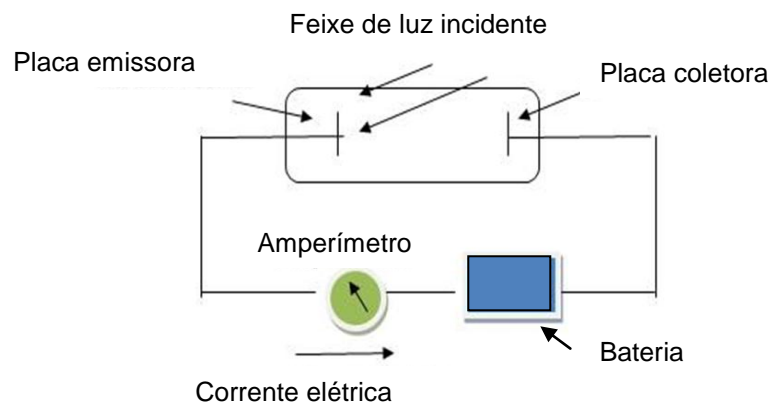


Figura 3: Arranjo experimental do efeito fotoelétrico. Fonte: próprio autor.

A constatação de que as partículas emitidas eram elétrons se deu em 1899 quando Thomson, ao expor a radiação ultravioleta numa superfície metálica no interior de um tubo de Crookes. Segundo Francisco e Vitor (2006), Thomson estabeleceu que essas partículas eram da mesma natureza daquelas que constituíam os raios catódicos, Como ilustra a figura 4.

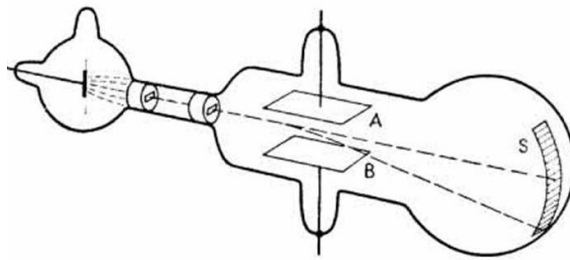


Figura 4: Tubo de raios catódicos. Fonte: portalsãofrancisco.com.

Thomson medindo o valor para os chamados raios catódicos, observou que se a carga das partículas contidas nesses raios fosse igual a carga mínima e calculada por Stoney (famoso físico irlandês, principalmente pela introdução do termo elétron como a "unidade fundamental da eletricidade"). Segundo Tipler e Llewellyn (2006), a massa dessas partículas seria apenas uma pequena fração da massa de átomo de Hidrogênio, na verdade havia descoberto o elétron.

Em 1903 Lenard físico alemão, investigou os tubos de raios catódicos, provou que a energia dos elétrons emitidos não dependia da intensidade da luz incidente. Em 1904, Schweidler físico austríaco, mostrou que a energia do elétron era proporcional a frequência da luz. (SANTOS 2002, p. 02).

#### 4.4 EINSTEIN E O EFEITO FOTOELÉTRICO

A compreensão do efeito fotoelétrico ocorreu de fato no ano de 1905 pelo físico Albert Einstein que apresentou a idéia de Planck em relação a emissão da luz, que parava e recomeçava por intervalos, de modo intermitente. Em seus experimentos percebeu que a luz tem uma estrutura intermitente e é absorvida em porções independentes. A energia de cada uma das porções de emissão, de acordo com a hipótese de Planck, é proporcional à frequência. A energia máxima dos elétrons emitidos depende da frequência da luz incidente. Para Tipler e Mosca (2006), Einstein utilizou a hipótese de Planck da quantização de energia, tratando a luz como corpúsculos ou quanta de luz, ou seja, a luz comporta-se como partículas luminosas, conhecida como fótons.

Em seus estudos sobre a hipótese de Plank, Peruzzo e Cividini, (2012) relatam que se a energia do fóton incidente for insuficiente ( $f$  for menor que

$f_0$ ), não conseguirá arrancar nenhum elétron. Existe um limiar de frequência  $f_0$ , para a liberação de elétrons, ou seja, para frequências menores que esse valor não há ejeção de elétrons. O gráfico da figura 5, mostra a energia dos elétrons liberados em função da frequência, a frequência  $f_0$  é chamada de frequência de corte. A intensidade da luz significa apenas mais ou menos fótons. Quanto maior a intensidade da luz, maior é o número de fótons ejetados, mas não mais energéticos. O intervalo de tempo considerando entre as distâncias do fóton e a emissão de elétrons, ocorre praticamente de forma instantânea. Em relação ao fóton destacam que uma energia é concentrada em pacotes, quando um feixe de radiação incidir sobre um metal, esse fóton será imediatamente absorvido por algum átomo causando a emissão de um fotoelétron.

Através do método de Einstein, as seguintes equações equivalentes são usadas: Energia do fóton = Energia necessária para remover um elétron + Energia cinética do elétron emitido pode ser representado pela equação 1.

$$hf = w + E_{cmax} \quad (1)$$

Onde:  $h$  é a constante de Planck,  $f$  é a frequência do fóton incidente,  $w$  é a função trabalho, a energia mínima exigida para remover um elétron de sua ligação atômica. A equação 1, é chamada de equação de Einstein do Efeito Fotoelétrico.

Segundo Marisa e Dione, (2002) Einstein propôs que a energia da luz incidente estaria concentrada em pacotes ou fóton. A equação 1, esclarece todos os fatos importantes em relação ao efeito fotoelétrico. Para Einstein a intensidade da luz, é equivalente ao número de quantos (porções) de energia existente no feixe luminoso e, desta forma conseqüentemente, define o número de elétrons extraídos da superfície metálica. A rapidez dos elétrons, de acordo com a equação anterior é definida apenas pela frequência da luz e pelo trabalho de arranque, que depende da natureza do metal e da qualidade da sua superfície. É importante salientar que a velocidade dos elétrons não depende da intensidade da luz. Segundo Ferraro e Soares (2006), aumentando-se a intensidade da radiação incidente no metal, aumentam-se o número de elétrons expulsos, sem alterar a velocidade dos elétrons.

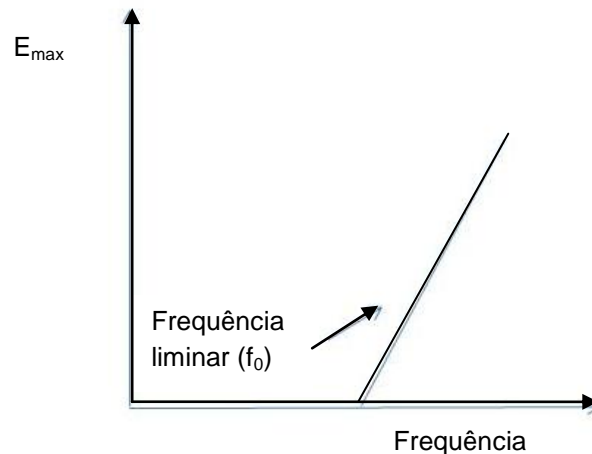


Figura 5: Variação da energia cinética dos elétrons ejetados em função da frequência. Fonte: próprio autor

Até aqui foi possível entender o início dos estudos sobre o efeito fotoelétrico Hertz no Ano de 1886 até Einstein 1905. A tabela 1 mostra a ocorrência da descoberta do efeito fotoelétrico até a teoria do fóton.

Tabela 1 – Ocorrência da descoberta do efeito fotoelétrico

Ano	Cientista	Cronologia
1886	Hertz	Descoberta do efeito fotoelétrico (ainda não identificado como efeito fotoelétrico)
1889	J.J.Tomson	Verificou a emissão de elétrons
1899	Planck	Determinação da Constante de Planck
1900	Planck	Lei da radiação de Planck e quantização de energia
1905	Einstein	Teoria do fóton (a partir da teoria da quantização de Planck)

## 4.5 PROBLEMAS NÃO EXPLICADOS PELA FÍSICA CLÁSSICA SOBRE O MODELO CORPUSCULAR DA LUZ

### 4.5.1 Primeiro caso

A teoria ondulatória clássica da luz era entendida como uma onda eletromagnética em que pode ser compreendida como: quanto maior for a quantidade da luz, maior a quantidade de energia que ela transportava. Classicamente quanto mais aumentava a intensidade do feixe luminoso à energia cinética dos fotoelétrons desse feixe crescia. Para explicar a teoria ondulatória da

luz requer que a amplitude do campo elétrico oscilante  $E$  da onda luminosa cresça se a intensidade da luz for aumentada, já que a força aplicada do elétron é  $e.E$ , isso demonstra que a energia cinética aplicada ao elétron deveria crescer com aumento da intensidade do feixe luminoso. Entretanto isso não acontece. (EISBERG E RESNICK, 1979, p.53).

#### 4.5.2 Segundo caso

De acordo com a física ondulatória, o efeito fotoelétrico deveria ocorrer para qualquer frequência de luz desde que fosse intensa o suficiente para criar a energia necessária para a ejeção dos elétrons. Contudo existe para cada superfície um limiar de frequência característica. Para que a frequência menor do que o potencial limite o efeito fotoelétrico não ocorre, independente de qualquer que seja a intensidade da iluminação. A dependência com a frequência apesar de não apresentar-se de forma complicada, não dá para ser explicada com referência na teoria ondulatória da luz. Não se entende porque as ondas da luz de frequência mínima não promovem a emissão de elétrons até mesmo nas situações em que a extensão da onda (a quantidade do campo elétrico) é grande. (GUTMANN E OLIVEIRA, 2002, p.01)

#### 4.5.3 Terceiro caso

Na teoria clássica, a energia luminosa está distribuída uniformemente na frente da onda. Se a luz é suficiente fraca deveria haver um intervalo de tempo necessário entre o instante que a luz começa a atingir a superfície e o instante da ejeção do elétron. Durante esse intervalo de tempo o elétron deveria acumular energia o suficiente para escapar. No entanto, nenhum retardamento foi jamais detectado.

A energia distribuída numa frente de onda de luz é suficiente para ocasionar a liberação quase imediata dos fotoelétrons. Assim, deveria esperar algum tempo pra que o elétron absorvesse a energia necessária para ser liberado (VEIT, THOMAS, FRIES, AXT, FONSECA, 1987, p.83).



## 4.6 HIPÓTESES DE EINSTEIN NA SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DO EFEITO FOTOELÉTRICO

Para explicar os problemas na física clássica sobre o efeito fotoelétrico Einstein encontrou soluções através de hipóteses. Einstein propôs que a energia de uma onda luminosa fosse quantizada, ou seja, a luz é absorvida em quantidades discretas de energia. Imaginou que a energia de um feixe luminoso estivesse distribuída em pacotes de energia, em quanta, sendo a energia de cada quantum dada pelo produto  $hf$ , onde  $f$  é a frequência da radiação e  $h$  é a constante de valor  $6,625 \cdot 10^{-34} \text{J}$ . O primeiro caso que Einstein solucionou para os problemas que não foram explicados pela física clássica relata que o  $k_{max}$  não depende da intensidade da luz, se dobrar a intensidade luminosa, com certeza dobrará o número de fótons, assim duplicando a corrente fotoelétrica. Segundo caso é sobre a existência de um limiar de frequências é removida rapidamente, o fóton com frequência  $\nu_0$  não terá energia necessária para retirar os elétrons.

No terceiro caso a ausência de retardamento é eliminada sobre a hipótese do fóton, pois a energia necessária é fornecida em pacotes concentrados. A energia não se espalha uniformemente sobre uma grande área.

A luz ao incidir sobre o catodo, pelo menos um fóton irá atingir, este mesmo fóton será absorvido imediatamente por algum átomo, causando a emissão de um fotoelétron rapidamente. (EISBERG E RESNICK, 1979, p.56).

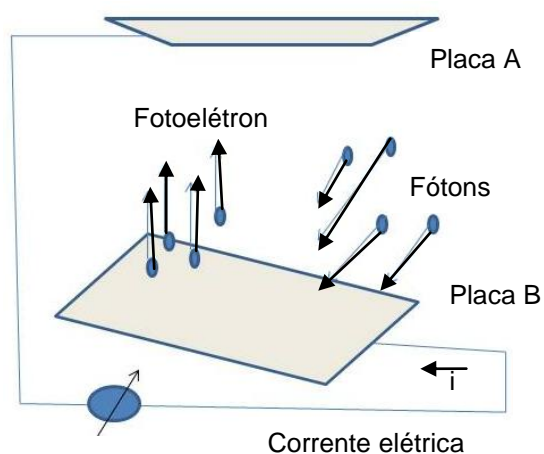


Figura 6: Ilustração do Efeito Fotoelétrico. Fonte: Próprio autor

O efeito fotoelétrico acontece por uma colisão de fótons com elétrons de uma placa B iluminada por luz, onde os elétrons são arrancados e recolhidos por uma segunda placa A, que é o coletor. Conforme a ilustração da figura 6.

#### 4.7 INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

A situação do ensino da física no ensino médio tem sido alarmante, uma vez que essa disciplina é pouco atraente para a maioria dos alunos, devido a forma como ela é apresentada aos discentes, distanciando a teoria da prática. Outro fator considerável são os profissionais sem formação específica na área ou formação em áreas distintas, que influenciam negativamente o ensino da física. A forma como o ensino da física ocorre, de forma direta e com muita teoria também é uma problemática. Rosa (2005), afirma que a forma como o ensino da física vem sendo apresentado nos livros textos e conseqüentemente em sala de aula, está distanciada e distorcida do seu real propósito.

Um fator relevante a ser considerado para a boa aplicação da física moderna no ensino médio é a elaboração de um currículo que vincule a teoria com a aplicação da física moderna. Pois um currículo bem elaborado favorece o ensino e facilita a aprendizagem, bem como é de suma importância que o professor esteja em constante busca de conhecimento, atualizando-se e pondo em prática em suas aulas todo o conhecimento adquirido. Neste contexto Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), ressaltam que de nada adianta inserir novos assuntos que proporcionem análise e estudo de problemas se não houver uma preparação adequada dos alunos durante o período em que estão estudando em suas licenciaturas, e ressaltam também a importância do professor atualizar-se.

Em relação ao currículo, Terrazam (2002), fala sobre as propostas curriculares, afirmando que o currículo adotado pelas escolas do ensino médio é de acordo com os modelos estrangeiros. Talvez seja essa a distância tão visível entre a teoria apresentada com a falta das aulas práticas, uma vez que a realidade brasileira é diferente da realidade estrangeira.

Como proposta de melhoria da qualidade de ensino da física para o ensino médio Pereira e Aguiar, sugere um ensino de forma sistemática e experimental, pois sendo assim o aluno desenvolveria a capacidade de observação e de questões

relacionadas à física, promovendo uma reflexão entre os fatos atuais e suas explicações por meios de conceitos aprendidos durante a aula de física.

#### 4.8 APLICAÇÕES DO EFEITO FOTOELÉTRICO

As aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico são inúmeras. Como exemplos é possível citar as portas automáticas que funcionam com sensores de controle conforme a figura 7. Esses sensores permitem que a porta abra quando uma pessoa aproxima-se dela. Isso ocorre quando um feixe de luz é interrompido originando uma variação na intensidade da corrente que aciona o dispositivo de abertura da porta.



Sensor fotoelétrico de entrada de porta.

Figura 7: Porta automática. Fonte: bem melhor.net

Outro objeto observável em que os sensores de controle estão presentes são as lâmpadas de iluminação pública, como ilustra a figura 8, pois acende automaticamente ao entardecer, isso ocorre devido a intensidade da corrente elétrica.

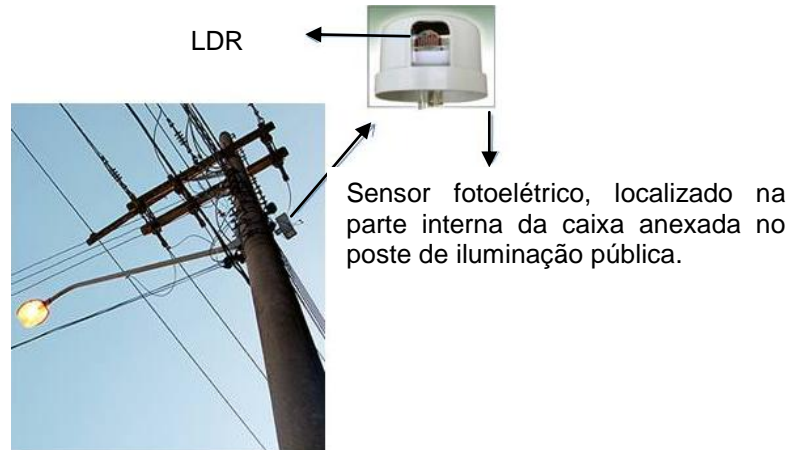


Figura 8: Poste de iluminação pública acende automaticamente. Fonte: fotosearch.com

Segundo Nicolau e Toledo (2003), a intensidade da corrente elétrica nos fotosensores é aproximadamente proporcional a intensidade da luz incidente.



Figura 9: Torneira automática. Fonte: atrativoweb.com

Pode-se observar que este sistema controlado por fotosensores também ocorre nas torneiras automáticas, conforme a figura 9, uma vez que quando a mão é colocada em baixo da torneira o feixe de luz é interrompido acionando assim as células fotoelétricas, conforme a figura 10, a incidência de luz não extrai elétrons, mas os torna elétrons livres e conseqüentemente diminui a resistência elétrica

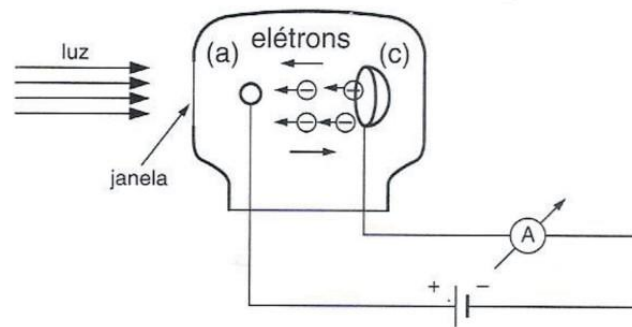


Figura 10: Célula fotoelétrica. Fonte fundamentos da física.com.

#### 4.8.1 Células fotoelétricas ou fotocélulas

As células fotoelétricas dividem-se em células fotocondutoras, variando sua resistência sob a iluminação incidente fabricadas a partir do selênio (Se), germânio (Ge), sulfeto de chumbo (PbS), entre outros e, em células fotovoltaicas que são formadas por um material semiconductor.

Segundo Nicolau e Toledo (2003), uma célula fotoelétrica é construída a partir de um cátodo, um ânodo metálico no interior de uma ampola de vidro no qual foi feito o vácuo. A superfície do cátodo é revestida por uma fina camada de metal alcalino. A luz incide na superfície metálica liberando elétrons que são atraídos pelo anodo. O circuito fecha e o amperímetro acusa a passagem de corrente elétrica.

Essas células são dispositivos com capacidade de transformar a energia luminosa como a luz do sol e de outras fontes em energia elétrica. Funcionam como geradora de energia elétrica a partir da luz. Também são conhecidas como células solares, devido aproveitarem a energia solar. Quando não estão recebendo luz, eles apresentam uma alta resistência. Quando a iluminação é mais forte, eles apresentam resistência baixa.

#### 4.8.2 Células fotovoltaicas

Em 1838 Edmond Becquerel observou o efeito fotovoltaico, para ele o efeito fotoelétrico consiste em converter a energia solar em energia elétrica. Ao incidir uma luz sobre as extremidades de uma estrutura com capacidade semicondutora pode observar uma diferença de potencial (ddp). O efeito fotovoltaico ocorre quando

células fotovoltaicas são constituídas por um material semicondutor – o silício – ao qual pode-se acrescentar substâncias dopantes capazes de criar meio adequado em que ocorra o efeito. Na construção de células fotovoltaicas os semicondutores mais usados são os de silício, devido sua eficiência em converter a luz solar em eletricidade.

Entender o significado de célula não é difícil, segundo Castro, 2008, o conceito de célula pode ser explicado como o elemento mais pequeno do sistema fotovoltaico, produzindo tipicamente potências elétricas da ordem de 1,5 Wp1 correspondentes a uma tensão de 0,5 V e uma corrente de 3 A. Para adquirir potências maiores, as células são ligadas em série e/ou em paralelo, formando módulos (tipicamente com potências da ordem de 50 a 100 Wp) e painéis fotovoltaicos (com potências superiores).

A célula fotovoltaica figura 11, possui sua estrutura simplificada, mas com materiais difíceis de encontrar. É formada por cobertura transparente, um semicondutor de nêutrons e um semicondutor de prótons, uma junção entre os dois, uma cobertura antirreflexiva e um arrecadador de elétrons.

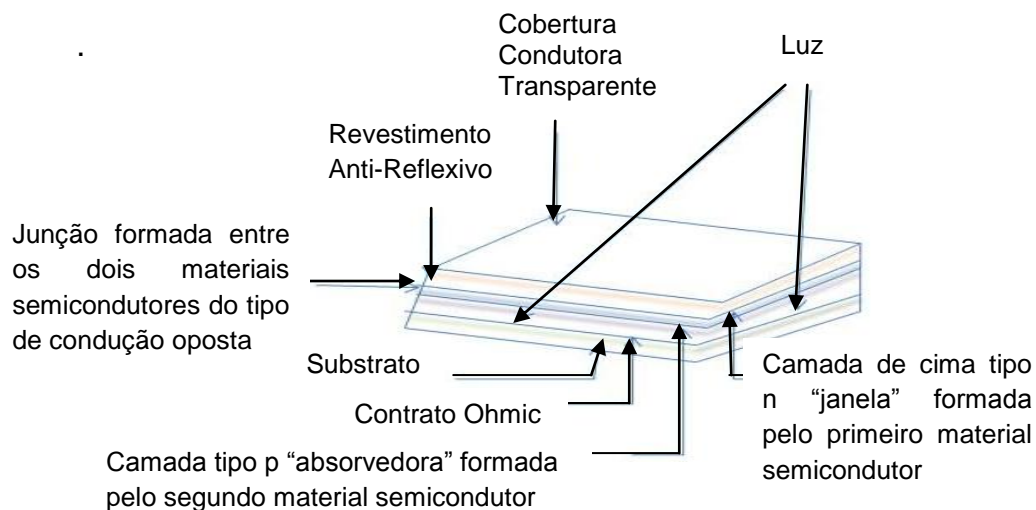


Figura 11: Estrutura de uma célula fotovoltaica. Fonte: Próprio autor.

Para Nascimento (2004), os dispositivos fotovoltaicos não usam a estrutura formal do silício como nos diodos, ao invés disso usa uma fina camada de óxido transparente.

#### 4.9 PROPOSTAS PARA ATIVIDADE COM EXPERIMENTO

Inicialmente deve-se apresentar aos alunos do 3º ano a proposta das atividades e seus objetivos. Em seqüência, será necessário uma conversa informal objetivando saber se eles sabem o porquê que quando aproximar as mãos em algumas torneiras saem água sem abrir a válvula, e quando chega a uma determinada hora do dia as lâmpadas dos postes de iluminação pública acendem sem que seja preciso apertarmos em algum interruptor, ou porque quando nos aproximamos de algumas portas como no aeroporto, entrada de hospitais, e até mesmo em algumas lojas elas se abrem sem precisarmos tocar nelas? Possivelmente possa haver algum aluno que consiga expor sua opinião. Após a exposição dos possíveis argumentos será feito uma explanação sobre O Efeito Fotoelétrico, sua funcionalidade e aplicabilidade nas situações acima citadas, bem como enfatizar a sua importância nessas tecnologias.

Em seqüência a explanação, primeiramente será necessária mostrar as representações dos circuitos montados das figuras 12 e 15, a fim de demonstrar os esquemas de um “controle automático de iluminação” e “Luz e condução de eletricidade”.

##### 4.9.1 Controle Automático de Iluminação

Com os esquemas elaborados o professor deverá apresentar aos alunos os materiais utilizados para a construção do “sistema de controle automático de iluminação”, figura 13, utilizando uma ponte com seis terminais, um resistor de 68 k $\Omega$ , um LED vermelho, um transistor, um LDR resistor dependente de luz, fios de carga negativa e positiva, um suporte de 3 V, duas pilhas de 1,5 V.

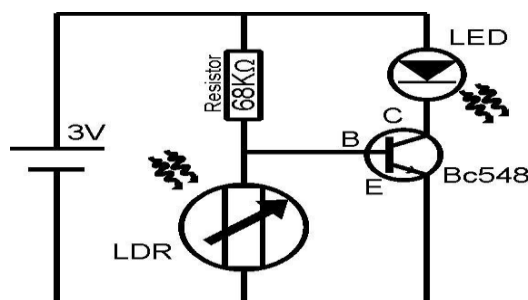


Figura 12: Circuito Montado “Controle Automático de Iluminação”. Fonte: Quântica para iniciantes.

O esquema de montagem do experimento aparece na figura 13. Vale a pena ressaltar que os dispositivos utilizados para a fabricação do mesmo é de suma importância para que os alunos entendam seu conceito e utilidades, pois o Transistor é um componente eletrônico semicondutor utilizado como amplificadores e interruptores de sinais elétricos. O LDR (resistor dependente de luz), é um tipo de resistor o qual sua resistência varia conforme a intensidade de luz que incide sobre ele. é possível observar que quanto mais iluminação no LDR, maior será a facilidade com que ele vai conduzir a corrente elétrica. (PAULA, ALVES E MATEUS, 2011, P.41).

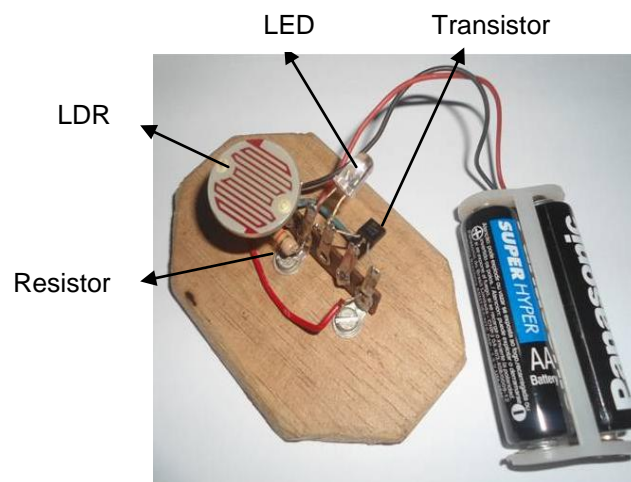


Figura 13: O sistema montado “Controle Automático de Iluminação”. Fonte: Próprio autor

Ao colocar a mão sobre o LDR o feixe luminoso é interrompido, assim a corrente elétrica do circuito é acionada, acendendo o LED automaticamente. Conforme a figura 14.

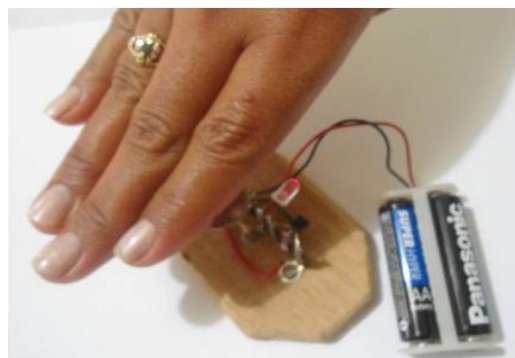


Figura 14: O sistema em funcionamento “Controle Automático de Iluminação”. Fonte: Próprio autor



A versão final deste experimento, figura 14, o Led esta acesso, uma vez que a mão colocada sobre o LDR bloqueou o feixe de luz o qual incidia sobre ele, assim acionando o circuito, para passagem de corrente sobre o mesmo.

#### 4.9.2 Luz e Condução de Eletricidade

Em sequência será apresentado o uso dos seguintes materiais para a fabricação do circuito de luz e condução de eletricidade, figura 15. Uma canetinha a laser, uma fonte de tensão variável, dois cabos de ligação com garras de jacaré nas extremidades, um LED vermelho, uma lâmpada alógena, ou lâmpada palito, de 100w em um suporte com fios.

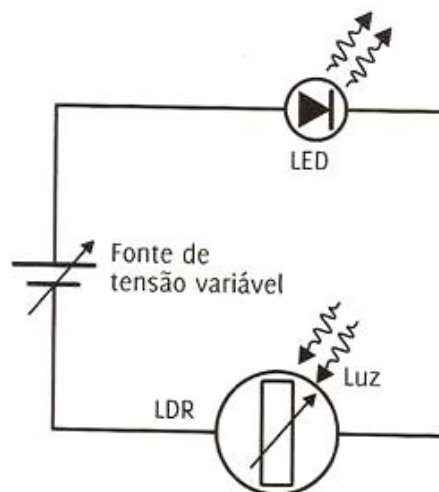


Figura 15: Circuito montado “Luz e Condução de Eletricidade”. Fonte: Quântica para iniciantes.

Nesta segunda experiência, utilize a canetinha a laser para iluminar a superfície do LDR, figura 16, sem atingir significativamente o LED, aumente a tensão da fonte, progressivamente, até fazer o LED brilhar, observe o brilho desse dispositivo para comparações futuras. Desligue a canetinha a laser e observe se há variação no brilho do LED, procure diminuir a intensidade da luz sobre o LDR, colocando a mão sobre ele, e observe novamente se há variação no brilho do LED. Então perceberá que a luz afeta a resistência de um LDR.

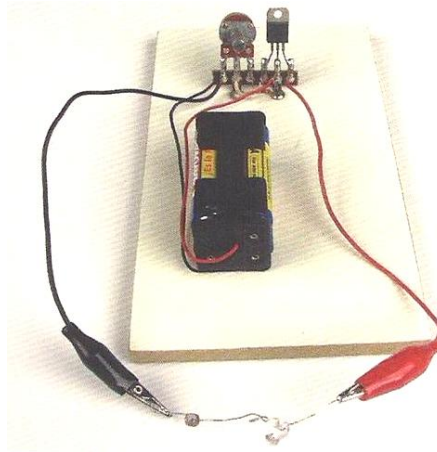


Figura 16: Sistema montado “Luz e Condução de Eletricidade”. Fonte: Quântica para iniciantes.

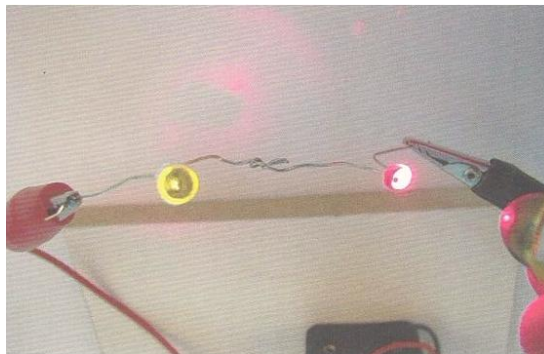


Figura 17: O sistema em funcionamento “Luz e Condução de Eletricidade”. Fonte: Quântica para Iniciantes.

O sistema em funcionamento, figura 17, apresenta o aparelho em sua versão final. Nas duas experiências citadas pode-se verificar que quando a luz é bloqueada sobre o dispositivo de LDR sua resistência varia, pois acionando o circuito estará estabelecendo a passagem de corrente elétrica e acenderá automaticamente o LED. Como aparecem nas figuras 14 e 17.

Após a execução do experimento, será imprescindível que o aluno responda o questionário (apêndice A) a fim de responderem as perguntas formuladas para saberem se eles compreenderam o efeito fotoelétrico e sua utilidade.

#### 4.10 VERIFICAÇÕES DA APRENDIZAGEM

Após responderem o questionário será oportuno que os alunos façam sua explanação sobre a compreensão do Efeito Fotoelétrico através de uma produção textual para relatarem o seu entendimento sobre o assunto.

Com as produções textuais será possível saber se os discentes compreenderam de fato o conceito de Efeito Fotoelétrico, sua funcionalidade e aplicabilidade. Ficando assim possível avaliar o desenvolvimento da atividade desenvolvida e a aprendizagem dos alunos referente ao tema abordado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de física moderna não é aplicado no ensino médio e sim a física clássica, porém a aplicação da física moderna ou contemporânea é imprescindível, uma vez que as novas tecnologias estão presentes na vida dos alunos. Para tanto é importante realizar experimento que propicie ao aluno a aproximação da teoria e prática, pois o mesmo poderá contribuir para um melhor entendimento dos conceitos da física moderna aos alunos do ensino médio.

O professor deve utilizar várias técnicas metodológicas de forma a contextualizar a física moderna como citado no presente trabalho. É obrigação do professor levar ao conhecimento dos seus alunos, toda a teoria acerca das novas tecnologias onde a física moderna se faz presente, garantindo-lhes conhecimento pleno do desenvolvimento científico metodológico desenvolvido pela física nos últimos anos.

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, Maria José. **A história da Física moderna**. Rio de Janeiro – Interciência, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação; **Parâmetros curriculares Nacionais do Ensino Médio - Física**. Brasília, DF, 2000.

CHESMAN, Carlos; ANDRÉ, Carlos; MAÊDO, Augusto. **Física Moderna Experimental e Aplicada**. Editora livraria da física, 2004.

EISBERG, Robert e RESNICK, Robert. **Física Quântica**. Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979-28ª impressão.

ELIANE, Ângela; THOMAS, Gilberto; FRIES, Suzana Gomes; AXT, Rolando; FONSECA, Liége. **O efeito fotoelétrico no segundo grau via computador**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 4(2): 68-88, ago. 1987. Disponível em: [www.fsc.ufsc.br/cbef/port/04-2/artpdf/a2.pdf](http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/04-2/artpdf/a2.pdf). Acesso em 30 de Setembro 2012.

FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Aulas de física 3 Eletricidade – Física Moderna**. São Paulo, 2003.

FERREIRA, Paulo Alexandre. **A estrutura da matéria**. Univeso Dual. Disponível: <http://www.unidual.kit.net/continua.htm>. Acesso em: 10 Setembro de 2012.

GASPAR, Alberto. **Experiência no ensino da física**. 4ª edição. Editora Ática, 1996.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Minas Gerais, 2004.

GROOTE, Jean Jacques de. **Max Planck e o início da Teoria Quântica**. Disponível em: [http://www.comciencia.br/reportagens /fisica/ física 06.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica_06.htm). Acesso em 18 de outubro de 2012.

GUTMANN, Friederich; OLIVEIRA Newton. **Efeito Fotoelétrico**. Universidade federal da Bahia, Julho 2002. Disponível em : [www.fis.u fba.br/~edmar/fis\\_101/rot eiros/Fot oele trico.pdf](http://www.fis.u fba.br/~edmar/fis_101/rot eiros/Fot oele trico.pdf) , acesso em 20 de outubro de 2012.

HERTZ, Heinrich Rudolf. **A descoberta das ondas de rádio** - 1888 [www.sparkmuseum.com/BOOK\\_HERTZ.HTM](http://www.sparkmuseum.com/BOOK_HERTZ.HTM) . Acesso em: 13 de outubro de 2012.

KLEIN, Martin. **Max Planck and the beginnings of quantum theory**. Archive for History of Exact Science I: 459-479, 1972. Proceedings of physical soyety,1961. Arquivo de História de Ciência Exatas.

OLIVEIRA, Fábio ferreira de; VIANA, Deise Miranda; Gerbassi, Reuber Scofano. **Física Moderna no ensino médio: o que dizem os professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

PAULA, Helder; ALVES, Esdras Garcia; MATEUS, Alfredo Luis. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Editora UFMG, 2011.

PEREIRA, Denis Rafael de Oliveira. **Ensino de Física no Ensino Médio: tópicos de física moderna e experimentação**. Revista Ponto de Vista Vol.3 2006. Disponível em: <http://www.coluni.ufv.br/revista/docs/volume03/ensinoFisica.pdf>. Acesso em 18 de Setembro 2012.

PERUZZO, Jucimar; CIVIDINI, Ceison Carlos. **Determinação da Constante de Planck através do Efeito Fotoelétrico**. Disponível em: <http://www.educairani.com/artigos/constantedeplanck.pdf>: acesso em -2 de outubro de 2012.

POHL, Hebert Ackland. **Introdução a mecânica quântica**; série de textos básicos de ciência dos materiais, 1916.

REZENDE, Sérgio Machado. **Materiais e dispositivos eletrônicos**. Editora livraria da física, 2004.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. **Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 4 Nº 1 2005. Disponível em: [http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2\\_Vol4\\_N1.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf) acesso em 04 de outubro de 2012.

SANTOS, Antônio dos. **A descoberta do Efeito Fotoelétrico.** Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/einstein/efeitofotoeletricodecoberta.html>. Acesso em 14 de agosto 2012.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVAROLO, Cristiane. **Uma aula sobre Efeito Fotoelétrico no desenvolvimento de competências e Habilidades.** Física na Escola, v. 3, n. 1, 2002.

TERRAZAN, Eduardo Adolfo. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de segundo grau.** Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis, v.9, n.3: p.209-214, dez.1992.

TIPLER, Paul; MOSCA, Gene. **Física Moderna: Mecânica Quântica, Relatividade e a Estrutura da Matéria.** Rio de Janeiro, 2006.

TRIPER, Paul; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna.** Rio de Janeiro, 2006.

THOMSON, Joseph John. **Portal São Francisco.** Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/joseph-john-thomson/joseph-john-thomson.php>. Acesso em 16 de outubro de 2012.

VEIT, Eliane Ângela; THOMAS, Gilberto; FRIES, Suzana Gomes; AXT, Rolando; FONSECA, Liège. **O efeito fotoelétrico no segundo grau via computador EFEITO**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 4(2): 68-88, ago. 1987. Disponível em: [www.fsc.ufsc.br/cbef/port/04-2/artpdf/a2.pdf](http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/04-2/artpdf/a2.pdf). Acesso em 30 de Setembro 2012.

## ANEXO A – QUESTIONÁRIO

## MARQUE A ALTERNATIVA CORRETA

1) - O conceito do Efeito fotoelétrico consiste em um feixe de luz incidente sobre uma chapa metálica emitindo elétrons, este fenômeno foi descoberto por um grande cientista, ao qual pode explicar o fenômeno sob a teoria de Planck no ano de 1905. Qual físico esclareceu a descoberta do efeito fotoelétrico?

( ) J. J. Thomson.

( ) Albert Einstein.

( ) Max Planck.

( ) Heinrich Hertz.

( ) Benjamin Franklin

2) - As aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico são inúmeras. Como exemplo é possível citar as portas e torneiras automáticas que funcionam com sensores de controle automático. Isso ocorre quando um feixe de luz é interrompido originando uma variação de intensidade da corrente que aciona o dispositivo. Outro objeto observável em que os sensores de controle estão presentes são as lâmpadas de iluminação pública, pois acendem automaticamente ao entardecer, devido à intensidade da corrente. Onde se encontra o sensor fotoelétrico nos postes de iluminação pública?

( ) Acoplada a lâmpada.

( ) Próximo aos fios de alta tensão.

( ) Dentro da caixa anexada no poste.

( ) Na parte metálica próxima a lâmpada.

( ) Fora da caixa acoplada ao poste.

3) - No ano de 1887 Heinrich Hertz estudava a produção de descargas elétricas entre duas superfícies de metal em potenciais diferentes. Observou uma faísca



proveniente de uma superfície, que gerava uma faísca secundária na outra. Como a descarga não era fácil de ser visualizada, Hertz criou uma proteção sobre o sistema de modo a não permitir a dispersão da luz. Porém, isto provocou uma redução da faísca secundária. Qual foi a descoberta feita por acaso por Heinrich Hertz?

- ( ) A luz não gerava faísca.
- ( ) Ondas eletrostáticas.
- ( ) Efeito fotoelétrico
- ( ) Ondas eletromagnéticas.
- ( ) Luz ultravioleta.

4) - Posteriormente a descoberta de Hertz, J. J. Thomson, a fim de provar a descoberta de Hertz, demonstrou experimentalmente que as partículas emitidas no efeito fotoelétrico eram os elétrons associados aos raios catódicos. Também concluiu que esta carga é da mesma ordem que a carga adquirida pelo átomo de hidrogênio na eletrólise de soluções. Em que data Thomson constatou que as partículas emitidas eram elétrons?

- ( ) Em 1890
- ( ) Em 1893
- ( ) Em 1904
- ( ) Em 1900
- ( ) Em 1889

5) Para explicar os problemas na física clássica sobre o efeito fotoelétrico Einstein encontrou soluções através de três hipóteses. Em uma delas, Einstein propôs que a energia de uma onda luminosa fosse quantizada, ou seja, a luz é absorvida em quantidades discretas de energia. Segundo sua hipótese do feixe luminoso seria distribuída em:

- Pacotes de energia.
- Pacotes de elétrons.
- Cargas elétricas.
- Ondas luminosas.
- Corrente fotoelétrica.

6) - A tecnologia está presente em diversas situações de pessoas integrantes de distintos grupos sociais, como as luzes da iluminação pública, portas e torneiras automáticas que funcionam pro meio de um sensor fotoelétrico, ou fotocélula. Os elétrons liberados nesses sensores automáticos são:

- Fotoelétrons.
- Fotovoltaico.
- Fotoelétrico.
- Doppler.
- Raios catódicos.