

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
FAE – Faculdade de Educação  
Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências

Ramon Junio Gonçalves Rosa

**Ensino do Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: Simulações Computacionais  
Para Abordar o Efeito Fotoelétrico**

Belo Horizonte  
2019

Ramon Junio Gonçalves Rosa

**Ensino do Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: Simulações Computacionais  
Para Abordar o Efeito Fotoelétrico**

**Versão Final**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências como requisito parcial para obtenção de título de especialista em Educação em Ciências.

Orientador: Ely Roberto da Costa Maués

Belo Horizonte  
2019

R788e  
TCC

Rosa, Ramon Junio Gonçalves, 1989-  
Ensino do efeito fotoelétrico no ensino médio [manuscrito] :  
simulações computacionais para abordar o efeito fotoelétrico / Ramon  
Junio Gonçalves Rosa. - Belo Horizonte, 2019.  
19 f. : enc, il.

Monografia -- (Especialização) - Universidade Federal de Minas  
Gerais, Faculdade de Educação.

Orientador: Ely Roberto da Costa Maués.

Bibliografia: f. 16-17.

Apêndices: f. 18-19.

1. Educação. 2. Ciências (Ensino médio) -- Estudo e ensino.  
3. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio). 4. Física -- Métodos de  
ensino. 5. Fotoeletricidade -- Estudo e ensino (Ensino médio).  
6. Fotoeletricidade -- Simulação por computador. 7. Ensino auxiliado por  
computador.

I. Título. II. Maués, Ely Roberto da Costa, 1970-. III. Universidade  
Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 530.7

**Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)**

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O

*A minha família e a minha namorada Tatiane,  
Pelo amor, incentivo e carinho*

**Dados de Identificação:**

ALUNO: RAMON JUNIO GONÇALVES ROSA

TÍTULO DO TRABALHO: Ensino do efeito fotoelétrico no ensino médio: simulações computacionais para abordar o efeito fotoelétrico

**Banca Examinadora:**

Professor Orientador: Ely Roberto da Costa Maués

Professor Examinador: Bruno Francisco Melo Pereira

**Parecer:**

Aos 30 dias do mês de novembro de 2019, reuniram-se na sala 532 do CECIMIG, o professor orientador e o examinador, acima descritos, para avaliação do trabalho final do(a) aluno(a) Ramon Junio Goncalves Rosa. Após a apresentação, o(a) aluno(a) foi arguido e a banca fez considerações conforme formulário anexo:

Assim sendo, a banca considera o trabalho  aprovado  
 aprovado mediante modificações com entrega até 03/02/2020  
 reprovado. Agendamento de nova defesa até 27/02/2020

Belo Horizonte, 30 de novembro de 2019

Assinatura da banca:

*Ely Roberto da Costa Maués*  
*Bruno Francisco Melo Pereira*

NOTA: 80

Obs: no caso da banca indicar reformulações, o orientador deverá encaminhar ao colegiado, ao final do prazo estipulado, carta informando se as modificações foram feitas conforme recomendado pela banca examinadora. O colegiado, então, submeterá o parecer a aprovação.

Belo Horizonte, 30 de Novembro de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por tudo aquilo que conquistei e realizei na minha vida.

Aos meus pais e meus irmãos, que sempre me motivaram e que são os principais contribuidores para o meu crescimento pessoal. Em especial gostaria de agradecer a minha amada namorada Tatiane Ribeiro por fazer parte da minha vida e por ser minha musa e fonte de inspiração para a maior beleza da nossa vida... nosso amor!

Ao Professor Ely Roberto pela orientação na execução desse trabalho e ao Tutor do curso Tiago M. Piuzana pela tutoria no curso. Aos colegas da UFMG/FAE que sempre estiveram por perto para ajudar no que fosse preciso.

Por fim, agradeço a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio que foi fundamental para a realização desse trabalho.

## RESUMO

Neste artigo apresentamos a elaboração de uma sequência de atividades para o ensino do efeito fotoelétrico com a utilização de simulação computacional, facilitando a introdução de tópicos da Física moderna no ensino médio. A sequência é composta por questionário inicial; vídeo; aula expositiva; aplicação da simulação computacional e questionário final. Foi utilizada a simulação do efeito fotoelétrico desenvolvida pelo projeto PhET da Universidade do Colorado (EUA). A sequência de atividades foi aplicada a estudantes do terceiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Nossa Senhora do Carmo, situada na cidade de Betim. Os resultados indicam que houve um melhor entendimento dos alunos sobre os conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico. Assim, acredita-se que o uso de simulações computacionais pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem na sala de aula.

**Palavras chave:** física moderna, simulação computacional, efeito fotoelétrico.

## **ABSTRACT**

In this paper, a sequence of activities for the teaching of the photoelectric effect was elaborated using computational simulation, facilitating the introduction of modern physics topics in high school. The sequence consists of an initial questionnaire; expository class; application a computer simulation and final questionnaire. The photoelectric effect simulation developed by the PhET project of the University of Colorado (USA) was used. The sequence of activities was applied to third year high school students of the Escola Estadual Nossa Senhora do Carmo, located in city of Betim. The results indicate that there was a better understanding of the students about the concepts related to the photoelectric effect. Thus, it is believed that the use of computer simulations can contribute to the teaching-learning process in the classroom.

**Key words:** modern physics; computational simulation; photoelectric effect.



## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Esquema do questionário pré-teste.....	07
QUADRO 2 - Esquema do questionário pós-teste. ....	07
QUADRO 3 - Resumo dos resultados obtidos referente à pergunta: Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico? Se sim, onde? .....	09
QUADRO 4 - Resumo dos resultados obtidos por meio da análise do primeiro questionário, referente a pergunta: o que é o efeito fotoelétrico? .....	09
QUADRO 5 - Resumo dos resultados obtidos por meio da análise questionário final, referente a pergunta: o que é o efeito fotoelétrico? .....	10
QUADRO 6 - Resumo dos resultados obtidos por meio da análise do pré-teste, referente a pergunta: Qual a dependência do efeito fotoelétrico com a frequência da luz? ...	11
QUADRO 7 - Resumo dos resultados obtidos por meio da análise do pré-teste, referente a pergunta: Qual a dependência do efeito fotoelétrico com a intensidade da luz? ..	12
QUADRO 8 - Comparação dos resultados obtidos no pré - e pós - teste. N é o número de alunos que responderam aos questionários.....	12

## Sumário

1- INTRODUÇÃO.....	1
2- OBJETIVOS.....	3
3- JUSTIFICATIVA .....	3
4- REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
5- METODOLOGIA .....	6
6- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	9
7- CONCLUSÃO .....	15
8- REFERÊNCIAS .....	16
9- APÊNDICE.....	18

## 1. INTRODUÇÃO

A inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) tem sido trabalhada por muitos docentes na área de ensino de Física, visto que a sua compreensão surge como uma necessidade para entender fenômenos ligados a situações de origem natural, tecnológica ou científica vividas pelos alunos.

Diversas pesquisas na área de Ensino de Física (MESQUITA, 2011; SILVA, 2017; OSTERMANN; MOREIRA, 2001; FRANÇA, 2015; PIETROCOLA; OFUGI, 2000; CAVALCANTE, 2001; GOMES, 2011), discutem a relevância da inserção da Física Moderna e Contemporânea no currículo de Física do Ensino Médio no sentido de aguçar e incentivar a curiosidade e a motivação dos alunos em sala de aula.

No Ensino Médio é fundamental que os alunos consigam relacionar o conteúdo aprendido em sala de aula com o seu cotidiano, que segundo Valadares

É imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos de Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano. (VALADARES; MOREIRA, 1998, p. 121)

Segundo Mesquita (2011, p.18), o estudo de FMC no EM pode levar os alunos a reconhecerem “a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles”. Por isso, é de extrema importância que se produzam materiais didáticos associados aos temas de Física Moderna que sejam acessíveis aos professores e aos alunos de nível médio. (PIETROCOLA, 2000).

Nas palavras de Brockington e Pietrocola (2005), os conceitos de FMC estão muito afastados da realidade do aluno e assim,

[...] na maioria das vezes, não se pode mais utilizar conceitos que são familiares para que se possa compreender as sutilezas envolvidas na Física Quântica, é comum que esse desconforto se traduza em um sentimento de ausência de realidade. Ou seja, pode-se passar a impressão que toda explicação e descrição envolvidas nessas teorias são apenas artifícios matemáticos e científicos, sem referentes no mundo real e percebido. Junta-se a isso o fato de que a Teoria Quântica tem a peculiaridade de permitir diversas interpretações, e que a grande maioria delas flerta com alguma forma de anti-realismo. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p.2)

Várias pesquisas (PIETROCOLA, 2003; DORNELES, 2012; ARAUJO, 2003), mostram que o uso de simulações como ferramenta pedagógica pode proporcionar uma melhora na eficiência e no trajeto do desenvolvimento da estrutura cognitiva de alunos do Ensino Médio. Pietrocola e Brockinton (2003) fazem referência ao uso de simulações computacionais para ensinar Física moderna, e apoiam o uso coerente de recursos computacionais no ensino de física, em geral:

Pensamos que simplesmente lançar mão de recursos computacionais não garante e em implica em um ensino de qualidade, através do qual o estudante realmente possa construir seus conhecimentos. Porém, como qualquer ferramenta, seu uso racional, orientado, tendo seu uso direcionado por suas capacidades e, principalmente, suas limitações pode conduzir a belíssimas obras de arte (PIETROCOLA; BROCKINTON, 2003, p. 4-5).

É importante que essa inserção de FMC no EM seja baseada em estratégias de ensino, segundo Aikenhead (2003) os diferentes trabalhos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) coincidem em defender a necessidade de uma reformulação no ensino de ciências e em valorizar termos como o humanismo. De acordo com Mortimer e Santos: “O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores...”. (MORTIMER; SANTOS, 2000).

A utilização de simulações computacionais como ferramenta didática, é uma importante proposta, pois facilita na compreensão dos fenômenos físicos estudados. É importante que essas aulas interativas estimulem os alunos a buscarem novas fontes de conhecimento, por que quando os alunos não tem a resposta pronta para uma determinado problema, faz com que eles busquem novos conceitos. Atividades que tenham o objetivo único de comprovar uma teoria não despertam o interesse do aluno. Segundo Carvalho: “Como os alunos têm que comprovar a teoria, as conclusões também já são conhecidas...”. (CARVALHO, 2018).

Assim, neste trabalho, propõe-se uma sequência de atividades baseada na abordagem CTS e nas novas Tecnologias de Informação (TIC's), envolvendo a utilização de simulações computacionais que abordam o efeito fotoelétrico, que é um dos conteúdos pertinentes a FMC, com o intuito de facilitar a inserção da FMC no Ensino Médio. No final do trabalho refletimos sobre o desenvolvimento das atividades e propomos uma nova sequência baseado na avaliação que fizemos da experiência de ensino e aprendizagem.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo aplicar e refletir sobre uma sequência de atividades sobre Física Moderna realizada em sala de aula.

### 2.1 Objetivo Específico

- ✓ Relatar, investigar e avaliar a sequência de atividades desenvolvidas.
- ✓ Identificar e relatar possíveis dificuldades dos estudantes durante a execução da aula proposta e refletir sobre as possíveis fontes de tais dificuldades.
- ✓ Analisar o que os alunos produziram durante a sequência de atividades proposta e a partir desses dados, fazer relações com o ensino pautado na abordagem CTS e no uso das TIC's.
- ✓ Construir uma nova proposta de sequência de atividades fundamentada nas reflexões realizadas sobre as atividades anteriores

## 3. JUSTIFICATIVA

Muitos professores não lecionam os tópicos de FMC no Ensino Médio devido a diversos fatores, como por exemplo: falta de ferramentas/materiais didáticos sobre o conteúdo, tempo sobrecarregado com outros conteúdos pertinentes a Física, etc. Mas é relevante que os professores trabalhem com os conteúdos de FMC. Munford e Lima (2007) relaciona a maneira como os conceitos são abordados em sala de aula afirmando que, “na escola os conceitos são apresentados de forma abstrata e distanciados do contexto que lhe deram origem” (MUNFORD; LIMA, 2007, p.93).

Ostermann e Moreira (2001) apontam para a viabilidade do ensino de FMC no Ensino Médio, “tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos” (OSTERMANN; MOREIRA, 2001, p. 145).

Sendo assim é importante que sejam desenvolvidas novas ferramentas didáticas, com intuito de facilitar a inserção dos conteúdos de FMC no Ensino Médio, facilitando assim o processo de ensino – aprendizagem nas salas de aulas.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentada uma fundamentação teórica, tratando das investigações sobre diferentes maneiras de abordar conteúdo da Física Moderna, em particular, o efeito fotoelétrico, no Ensino Médio. Em seguida, o fenômeno é definido juntamente com a proposta piloto de atuação em sala de aula.

A inserção de simulações computacionais e experimentação em salas de aula têm se revelado um importante auxílio no ensino de ciências, particularmente de Física. Os resultados de pesquisas (PIETROCOLA, 2003; DORNELES, 2012; PAULA, 2015.) indicam que a utilização de simulações computacionais de fenômenos da Física aumenta efetivamente o interesse e a participação nas aulas de Física, e em alguns casos, é possível identificar uma clara melhora na compreensão do conceito geral do objeto de estudo e uma consequente melhora dos resultados obtidos em exames (GARRAO, 1992).

Cavalcante e Tavolaro (2001) também realizaram um trabalho sobre a inserção de tópicos de FMC no EM. As autoras, que trabalharam com oficinas didáticas a fim de abordar conceitos de FMC, afirmam que

[...] atingimos um elevado grau de sucesso no nosso trabalho, inclusive garantindo-nos convites para realizar a Oficina não apenas para professores de Física, mas também para outras áreas do conhecimento, como por exemplo, alunos de pós-graduação do Centro de Educação e do curso de graduação em História da PUC/SP, obtendo um alto grau de interatividade e uma excelente recepção. (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2001, p.387)

Estes trabalhos citados, reportam a importância da simulação e contextualização do ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

### O efeito fotoelétrico

Quando ondas eletromagnéticas atingem um corpo, às vezes se observa que alguns elétrons são “arrancados” desse corpo. Em princípio isso pode acontecer com muitos materiais, mas é um efeito mais facilmente observável em metais. Segundo Sampaio e Calçada (2005) “A emissão de elétrons pela absorção de radiação (Luz) por metais é chamada de efeito fotoelétrico”. Segundo Valadares et al. (1998) o efeito fotoelétrico “é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou semicondutora é iluminada com luz numa certa faixa de frequências. Neste caso, elétrons ligados aos átomos são promovidos a elétrons livres, capazes de conduzir corrente elétrica”.

O efeito fotoelétrico tem aplicações tecnológicas, por exemplo, em dispositivos

que transformam luz em sinais elétricos como encontrados em câmeras fotográficas e de vídeos digitais. Assim, conforme afirmam Silva e Assis (2012):

[...] Para registrar a imagem digital, essas câmeras utilizam um CCD (*Charge-Couple Device*, ou dispositivo de carga acoplada), formado por sensores fotoelétricos feitos de material semicondutor. Nessas câmeras, a imagem é formada por um conjunto de lentes que a projeta nos sensores do CCD. Cada um desses sensores transforma a luz recebida em sinal elétrico, registrado pela câmera, como a imagem digital. Quanto mais fótons são recebidos pelo sensor, maior é a corrente gerada. Cada sensor fotoelétrico do CCD corresponde a um pixel da imagem. (SILVA; ASSIS, 2012, p. 321).

Assim, a partir das discussões em torno do conceito de efeito fotoelétrico, em nossa proposta de ensino serão exploradas as características do fenômeno, por meio da discussão do papel de cada grandeza relevante (frequência, intensidade). Para tal, serão elaboradas atividades envolvendo simulações computacionais.

## 5. METODOLOGIA

Nesta seção, será apresentado a sequência de atividade proposta para o ensino do efeito fotoelétrico. Explicita-se a metodologia de elaboração de cada etapa do trabalho e seus objetivos. O referencial teórico-metodológico dessa pesquisa é a Testagem de Métodos, Materiais ou Programas, definido por Scarpa e Marandino (1999), em que é testada a eficácia de métodos de ensino, por meio de questionários Inicial e Final. A análise dos dados foi feita de acordo com a categorização das respostas em unidades como sugerido por Bogdan e Biklen (1994).

### Escolha do Conteúdo

Baseando-se nos conteúdos presentes no currículo do Ensino Médio e dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), optou-se por trabalhar o efeito fotoelétrico, por ser um tópico da Física Moderna, e a base de funcionamento de vários equipamentos presentes no cotidiano. Como exemplo podemos citar as células fotoelétricas que são a base de funcionamento dos aparelhos de controle automático de entrada no metrô. Esses aparelhos acionam uma barreira que impede o avanço do passageiro, caso este atravesse o feixe luminoso sem ter previamente introduzido a moeda necessária. Aparelhos deste tipo também tornam possível a prevenção de acidentes. O exemplo acima ilustra uma situação na qual, de acordo com os PCN+, é necessário que o aluno compreenda de forma conceitual os fenômenos tecnológicos atuais para ser capaz de identificar, interpretar e lidar com as situações do cotidiano, como *“reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social”* (BRASIL, 2002, p. 150). Mais especificamente, ainda de acordo com os PCN+, o aluno deve *“Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias”* (BRASIL, 2002, p. 29).

### Elaboração dos instrumentos de coleta de dados

Foi aplicado um questionário inicial (pré-teste) com o objetivo de verificar o nível de conhecimento dos alunos sobre o conteúdo abordado. As perguntas questionam se o aluno já ouviu falar a respeito do efeito fotoelétrico, caso a resposta seja positiva, pede-se para informar onde isto ocorreu, e posteriormente o mesmo deve explicitar o que entende sobre o fenômeno. As questões são mostradas no Quadro 1.



### Perguntas do questionário inicial

- 1) *Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico?*  
*Se sim, onde?*  
 2) *O que é o efeito fotoelétrico?*

Quadro 1: Esquema do questionário pré-teste. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

Ao final da sequência de atividades, aplicou-se um teste de avaliação da assimilação do conteúdo, na forma de um questionário final (pós-teste), mostrado no Quadro 2. O objetivo foi analisar o nível de compreensão dos alunos sobre o efeito fotoelétrico após a participação da sequência de atividades. As questões foram elaboradas levando-se em consideração a relação entre as grandezas físicas que caracterizam o efeito fotoelétrico. Assim, questiona-se o que é o efeito fotoelétrico, e posteriormente foi pedido que o aluno explicitasse a dependência do efeito fotoelétrico com a frequência e a intensidade da radiação eletromagnética.

### Perguntas do questionário final

- 1) *O que é o efeito fotoelétrico?*  
 2) *Descreva o mais detalhadamente possível as características do efeito fotoelétrico. Explicitando a sua:*  
 a) *dependência com a frequência da luz;*  
 b) *dependência com a intensidade da luz;*

Quadro 2: Esquema do questionário pós-teste. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

### Escolha do vídeo

Opta-se pelo Vídeo: *A ideia do Quantum: Efeito fotoelétrico*, por mostrar como ocorre o efeito fotoelétrico<sup>1</sup>. Vale ressaltar também que o vídeo apresenta uma visão de que a ciência é um processo contínuo de construção de conhecimento. Esse vídeo aborda aspectos relevantes e importantes da Física Moderna e Contemporânea.

### Escolha da simulação computacional

A simulação computacional utilizada foi “Efeito Fotoelétrico” (Photoelectric Effect)<sup>2</sup>, disponibilizada na plataforma PhET da Universidade do Colorado (EUA). Além de ser um *software* gratuito, e em português, é de fácil compreensão e atestado por sua qualidade.

Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=CEuMmMxD-vI>. Acesso em: 09 jul. 2019.

<sup>2</sup>Disponível em [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric). Acesso em: jul. 2019.

## **Elaboração do roteiro**

A sequência de atividades elaborada foi implementada por meio de um roteiro de aula, com atividades para explorar o fenômeno do efeito fotoelétrico.

## **Teste do roteiro**

Apresenta-se nesta seção a aplicação do roteiro. Vale mencionar que trata-se de um teste piloto, realizado para a identificação de possíveis falhas nas atividades programadas. A análise dos dados coletados, juntamente com dados observacionais, contribuirá para melhorar a sequência de atividades proposta.

O terceiro ano do Ensino Médio é o foco desse trabalho, desta maneira, a sequência foi aplicada, a uma turma de 22 alunos do terceiro ano da Escola Estadual Nossa Senhora do Carmo, situada na cidade de Betim. É importante destacar que por falta de um laboratório de informática na escola, essa sequência de atividades foi aplicada em sala de aula.

## **Etapas da Aplicação**

Inicialmente foi explicado aos alunos o objetivo do trabalho, e em seguida foi aplicado o questionário inicial. Na sequência de atividades, foi apresentado o vídeo sobre o efeito fotoelétrico, que despertou a curiosidade dos alunos, surgindo as primeiras dúvidas. Em outra atividade, os alunos assistiram a uma aula expositiva, em que foi abordado o espectro eletromagnético, e depois discutido o contexto histórico do efeito fotoelétrico. Nessa aula expositiva, os alunos fizeram muitos questionamentos sobre ondas eletromagnéticas, energia solar e até mesmo sobre usinas elétricas. Posteriormente, na sequência de atividades os alunos, individualmente, interagiram com a simulação computacional em que foram destacados os principais recursos do *software*. Importante salientar que por falta de um laboratório de informática disponível na escola, não foi possível que cada aluno utiliza-se um computador, com isso os alunos fizeram o uso dos notebooks que eles levaram para sala de aula. Nessa etapa, os alunos demonstraram muito entusiasmo. Na última atividade, os alunos, perfazendo um total de 22, responderam ao questionário final. Um dos alunos presentes optou por não responder ao questionário.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Análise do pré-teste

Fazendo a apuração das respostas dos alunos ao pré-teste, constatou-se que vinte e dois alunos (100%) nunca ouviram falar do efeito fotoelétrico. Os dados são mostrados no Quadro 3.

Nº alunos	Porcentagem	Resultado
22	100%	Nunca ouviram falar

Quadro 3: Resumo dos resultados obtidos referente à pergunta: Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico? Se sim, onde? Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando as respostas referentes ao conceito do efeito fotoelétrico, foram criadas categorias para classificar as respostas dadas pelos alunos. Essas categorias, mostradas no Quadro 4, contribuem para demonstrar as concepções espontâneas dos alunos sobre o fenômeno. Assim, percebe-se que nenhum aluno (0%) conseguiu explicar satisfatoriamente o conceito do efeito fotoelétrico, sendo que nenhuma resposta pode ser classificada como CORRETA.

As respostas de 2 alunos (9%) foram consideradas PARCIALMENTE CORRETA, pois apresentaram apenas um conhecimento parcial acerca do conteúdo abordado. Como exemplo destas respostas, um aluno relacionou o efeito fotoelétrico à emissão de elétrons por luz, sem explicitar de forma clara o seu significado, e um aluno relacionou o efeito fotoelétrico à produção de energia elétrica.

Um aluno apresentou uma confusão de ideias ao relacionar efeito fotoelétrico com energia de luz, “... parece ser algo como energia da luz, por ser foto = luz...”. Com base na definição de efeito fotoelétrico, pode-se classificar a respostas deste aluno (4,5%) como: RESPOSTA INCORRETA.

Dezesseis alunos (73%) afirmaram que não sabem o que é o efeito fotoelétrico, definindo assim a categoria NÃO SABE. Três alunos (13,5%) não responderam essa questão, entrando na categoria de classificação BRANCO.

Categoria	Nº alunos	Exemplo de resposta
Aplicação do efeito fotoelétrico	3	“Imagino que seja algo relacionado a luz que gera energia elétrica.”
Não sabe	16	“Não sei o conceito”
Branco	3	

Quadro 4: Resumo dos resultados obtidos por meio da análise do primeiro questionário, referente a pergunta: o que é o efeito fotoelétrico? Fonte: Dados da pesquisa.

### Análise do pós-teste

Com base nos dados obtidos, pode-se destacar que 100% dos alunos nunca haviam ouvido falar sobre o efeito fotoelétrico e nenhum aluno foi capaz de definir corretamente o que é o efeito fotoelétrico. Isso ressalta a importância deste trabalho na tentativa de mudar tal situação. Após participarem da sequência de atividades, os alunos responderam ao pós-teste. Buscando uma nova classificação agrupamos as categorias no Quadro 5, comparando-as com a definição cientificamente aceita do efeito fotoelétrico.

Analisando as respostas dos 22 alunos referentes ao conceito de efeito fotoelétrico no questionário final, foram consideradas como RESPOSTA CORRETA, as respostas de dois alunos (9%) que demonstraram um entendimento claro do conceito abordado, como pode ser visto na resposta, “... *emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, na presença de luz*”.

Quatro alunos citaram uma aplicação do efeito fotoelétrico, mas não foram capazes de definir o seu conceito, como em “*Geração de eletricidade pelo efeito da luz*”; onze alunos relacionaram o efeito fotoelétrico à liberação de elétrons, mas não mencionaram a dependência com a incidência de luz, como em “*Emissão de elétrons na presença de luz*”. Três alunos além de relacionarem o efeito fotoelétrico com a emissão de elétrons, fizeram a definição da palavra efeito fotoelétrico, como na resposta a seguir “*Foto = Luz, elétrico = eletricidade...*”. Assim, considera-se que estes dezoito alunos (82%) apresentaram um conhecimento parcial acerca do conceito, sendo suas respostas classificadas como PARCIALMENTE CORRETA.

Um aluno (4,5%) só relacionou luz com eletricidade e não conseguiu explicitar corretamente o conceito de efeito fotoelétrico, como pode ser observado na sua resposta a seguir: “... *Luz + eletricidade*”. Esta resposta foi considerada como RESPOSTA INCORRETA. Um aluno (4,5%) optou por não responder a pergunta, definindo a categoria BRANCO.

<b>Categoria</b>	<b>Nº alunos</b>	<b>Exemplo de resposta</b>
Conceito de efeito fotoelétrico	2	“... <i>emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, na presença de luz</i> .”
Emissão de elétrons	11	“ <i>Emissão de elétrons na presença de luz</i> .”
Aplicação do efeito fotoelétrico	4	“ <i>Geração de eletricidade pelo efeito da luz</i> ”
Definição da palavra efeito fotoelétrico	4	“ <i>Foto = Luz, elétrico = eletricidade...</i> ”
Branco	1	

Quadro 5: Resumo dos resultados obtidos por meio da análise questionário final, referente a pergunta: o que é o efeito fotoelétrico? Fonte: Dados da pesquisa.

A análise das respostas dos alunos em relação à dependência do efeito fotoelétrico com a frequência da luz mostra que dois alunos caracterizaram satisfatoriamente esta dependência, como em “*Quanto maior a frequência da luz, maior a velocidade (energia) dos elétrons que são emitidos. Frequência e energia são diretamente proporcionais.*” A maioria dos alunos (dezessete) responderam de forma mais simples, “*Frequência e energia são diretamente proporcionais.*” e “*Se a frequência da luz aumenta os elétrons aumentam...*”. Dois alunos confundiram frequência com intensidade de luz, e um aluno não respondeu a questão. No Quadro 6 é apresentado uma classificação das respostas dos alunos referente a pergunta: *Qual a dependência do efeito fotoelétrico com a frequência da luz?*

<b>A dependência do efeito fotoelétrico com a frequência da luz</b>	<b>Número de alunos (N=22)</b>	<b>Porcentagem</b>
Respostas Corretas	2	9%
Respostas Parcialmente Corretas	17	77,5%
Respostas Incorretas	2	9%
Branco	1	4,5%

Quadro 6: Resumo dos resultados obtidos por meio da análise do pré-teste, referente a pergunta: *Qual a dependência do efeito fotoelétrico com a frequência da luz?* Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas dos alunos em relação à dependência do efeito fotoelétrico com a intensidade da luz mostram que com respostas mais elaboradas, ou mais simples, a maioria dos alunos (quinze) foi capaz de relacionar satisfatoriamente esta dependência dizendo que “*Quanto maior a intensidade de luz, maior a corrente elétrica. São diretamente proporcionais.*”. Quatro alunos relacionaram corretamente a dependência da corrente elétrica com a intensidade de luz mas não conseguiram explicitar precisamente como ocorre essa dependência. Um aluno não conseguiu fazer corretamente a relação, afirmando que “*Quanto + luz mais elétrons.*”. Dois alunos não responderam a questão. No Quadro 7 é apresentado essa classificação.

<b>A dependência do efeito fotoelétrico intensidade da luz</b>	<b>Número de alunos (N=22)</b>	<b>Porcentagem</b>
Respostas Corretas	15	68,5 %
Respostas Parcialmente Corretas	4	18%
Respostas Incorretas	1	4,5%
Branco	2	9%

Quadro 7: Resumo dos resultados obtidos por meio da análise do pré-teste, referente a pergunta: Qual a dependência do efeito fotoelétrico com a intensidade da luz? Fonte: Dados da pesquisa.

### **Comparação dos Resultados**

No Quadro 8 compara-se os resultados obtidos para a primeira pergunta do pré-teste e pós-teste. Com base em nossos dados, analisando a primeira pergunta dos questionários, podemos inferir que houve um aumento das respostas corretas (de 0% para 9%), as respostas parcialmente corretas apresentaram um aumento significativo (de 9% para 82%) e as respostas incorretas não sofreu alteração, permanecendo constante em 4,5%. Isso mostra que a sequência de atividades contribuiu para uma melhora significativa no entendimento dos alunos acerca do efeito fotoelétrico, considerando que 100% da nossa amostra nunca tinham ouvido falar do conceito de efeito fotoelétrico e nenhum aluno soube explicá-lo corretamente.

<b>O que é o efeito fotoelétrico?</b>	<b>Antes do seminário (N=22)</b>	<b>Depois do seminário (N=22)</b>
Respostas Corretas	0%	9%
Respostas Parcialmente Corretas	9%	82%
Respostas Incorretas	4,5%	4,5%
Não sabe	13,5%	0%
Branco	73%	4,5%

Quadro 8: Comparação dos resultados obtidos no pré - e pós – teste. N é o número de alunos que responderam aos questionários. Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale salientar também que os alunos apresentaram muita dificuldade em relacionar a dependência do efeito fotoelétrico com a frequência da luz, o que não ocorreu com a intensidade da luz. Essa observação demonstra que futuramente, podemos trabalhar melhor o conceito de frequência e relacionar a sua relação com o efeito fotoelétrico mais detalhadamente.

Portanto, houve um aumento significativo na porcentagem de respostas corretas e parcialmente corretas, indicando que a sequência de atividades contribuiu para uma melhora no entendimento dos alunos acerca do efeito fotoelétrico.

## Repensando a sequência de atividades

Analisando os resultados obtidos, podemos destacar que a simulação do efeito fotoelétrico tem um potencial mediacional em sala de aula, que possibilita interações dos alunos com o fenômeno que uma aula expositiva não permite. O que possibilita uma melhor compreensão do fenômeno. Entretanto observa-se que a sequência de atividades utilizada não é completamente eficaz, há alunos que não se engajam nas atividades mesmo que elas tenham um caráter inovador.

Como professor avalio nossa atividade piloto como promissora mas percebemos que nossa incursão no uso das novas tecnologias da informação e comunicação ainda foi tímida e delimitada. Acreditamos que em intervenções futuras é possível aprofundar nossas experiências e perspectivas teóricas nessa área. Refletido sobre atividade percebemos que não faz sentido realizar uma ação em sala de aula para justificar o uso simulações e laboratórios virtuais, esse tipo de intervenção apenas constatam que esses aplicativos produzem certos resultados para um público específico, em um contexto também específico. Nesse sentido, concordamos com Paula (2017) quando considera que as investigações sobre as TICs deveriam “explicitar os fundamentos pedagógicos que sustentam a escolha e o uso de animações, simulações e laboratórios virtuais em contextos educacionais específicos.” (PAULA, 2017, P. 76). Assim, para um futuro trabalho, acreditamos que precisamos construir um olhar mais cuidadoso sobre os fundamentos pedagógicos das simulações e dos roteiros de atividades utilizados em sala de aula. Valorizando o processo de contextualização histórica da Física moderna e das possibilidades investigativas das simulações.

Nessa perspectiva, em ações futuras, pretendemos aprofundar mais esse roteiro e criar uma sequência de ensino sobre o tema (**Luz: onda ou partícula?**). A ideia é inicialmente apresentar o vídeo: *A ideia do Quantum: Efeito fotoelétrico*, na sequência realizar uma aula com o uso da simulação computacional: “Espectro do corpo negro” (blackbody-spectrum)<sup>1</sup>, em seguida trabalhar com uma atividade guiada por um roteiro utilizando a simulação computacional do efeito fotoelétrico (Photoelectric Effect)<sup>2</sup>, apresentar uma atividade sobre a interferência da luz com o uso do software: “Interferência de Onda” (wave-interference)<sup>4</sup> e terminar a sequência

---

<sup>3</sup>Disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso em: 11 de agosto de 2019.

<sup>4</sup>Disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-interference>. Acesso em: 11 de agosto de 2019.

realizando com os alunos um júri simulado que irá discutir se luz é uma onda ou uma partícula. Todas essas simulações computacionais são da plataforma PhET, da universidade do Colorado (EUA). A ideia é construir ou utilizar os roteiros da plataforma que apresentem características investigativas.



## 7. CONCLUSÃO

Neste trabalho elaboramos uma sequência de atividades envolvendo a utilização de uma simulação computacional que aborda o efeito fotoelétrico, com o intuito de facilitar a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. A sequência consiste das etapas: pré-teste; apresentação do vídeo; aula expositiva; aplicação da simulação computacional; pós-teste.

Concluimos que após terem contato com a simulação computacional os alunos demonstraram, através do questionário, uma maior compreensão sobre o conteúdo abordado. Após analisar os questionários, podemos inferir que o nível de entendimento dos alunos em relação aos detalhes do efeito fotoelétrico foi mais significativo após participarem da aula, em comparação com as respostas dadas pelos mesmos antes da aula. Também podemos afirmar, com base em nossos resultados que a técnica utilizada não é completamente eficaz, sempre há alunos que não querem participar das atividades, nem todos os alunos responderam satisfatoriamente o questionário, alguns alunos demonstraram uma certa confusão de ideias. Entretanto gostaríamos de salientar que a aula despertou a curiosidade de muitos alunos que após o seu término, nos procurou com o intuito de aprofundar o conhecimento acerca do efeito fotoelétrico, outros queriam saber mais sobre a simulação computacional, um aluno comentou o interesse em montar um painel de energia fotovoltaica.

Assim, podemos concluir que uma sequência de atividades baseada na abordagem CTS e nas novas Tecnologias de Informação tornam as aulas mais interativas, permitindo um maior contato do discente com o conteúdo a ser abordado, facilitando o processo de ensino e aprendizagem, como discutido nos trabalhos de França (2015) e Pietrocola e Brockinton (2003). Devemos destacar a importância da utilização de laboratórios e salas de informática, embora haja casos em que a realização prática de uma aula expositiva é de difícil execução ou simplesmente impossível, nesse caso o docente poderia trabalhar com experimentos de baixo custo e de fácil aquisição em sala de aula mesmo.

Vale destacar que escolha e o uso das simulações computacionais em contextos educacionais específicos devem ser pautados em fundamentos pedagógicos que sustentam, como a abordagem CTS, o uso das novas Tecnologias de Informação e o ensino por investigação.

## 8. REFERÊNCIAS

- AIKENHEAD, G. **STS Education: A Rose by Any Other Name**. In: CROSS, R. (Ed.): *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, p. 59-75. New York: Routledge Falmer, 2003.
- 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, jun. 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+**. Brasília: 2002.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Tradução de Alvarez, M.J., Santos, S.B., Baptista, T.M. Porto: Porto Editora Ltda, 1994.
- BROCKINGTON, G; PIETROCOLA, M. O Ensino de Física Moderna Necessita ser real? In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 16. 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: SBF, 2005.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVALARO, C. R. C. Uma oficina de Física Moderna Que vise a Sua Inserção No Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.18, n.3, p.297-315, dez. 2001.
- CARVALHO, A. M. P. C.; Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação de Ciências**. v.18, n.3, p. 765–794. Dez. 2018.
- DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência & Educação**, v. 18, n.1, p.99–122, 2012.
- FRANÇA, C. M. Física moderna no ensino médio: Uma atividade para o ensino do efeito fotoelétrico. **Pontifícia Universidade Católica – Paraná**, 2015.
- GARRAO, R. B. Aproximación a la física a través de métodos numéricos y simulación computacional. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.9, n.2, p.143-146, ago. 1992.
- GOMES, V. C. O uso de simulações computacionais do efeito fotoelétrico no ensino médio. **Universidade estadual da Paraíba-JP**, pag. 13, 2011.
- MESQUITA, D. S. M. **Matéria e radiação: uma abordagem contextualizada ao ensino de física**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília.
- MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.02, n.02, p.110-132, jul-dez. 2000.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.09, n.01, p.89-111, jan-jun. 2007.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino Física**,

Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 135-151, ago. 2001.

PAULA, H. F. Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simulações e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 17, n. 1, p. 75–103, abril 2017.

PAULA, H. F. As Tecnologias de Informação e Comunicação, o ensino e a aprendizagem de Ciências Naturais. In A. L. Mateus (Org.). **Ensino de Química Mediado pelas TICs**. pp. 169–196, Belo Horizonte, Editora da UFMG. 2015.

PIETROCOLA, M.; BROCKINTON, G. Recursos computacionais disponíveis na internet para o ensino de física moderna e contemporânea. In: 3º ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2003, Bauru. **Atas do 3º Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Bauru: ABRAPEC, 2003.

PIETROCOLA, M.; OFUGI, C. D. R. Análise de artigos sobre ensino de relatividade restrita pela transposição didática. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 7, 2000, Florianópolis. **Atas...** São Paulo: SBF, 2000, p. 1-13.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Física**. 2 ed. São Paulo: Atual. v. único. 2005.

SCARPA, D. L.; MARANDINO, M. Pesquisa em Ensino de Ciências: um estudo sobre as perspectivas metodológicas. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, 2. 1999, Valinhos. **Atas...** São Paulo: ABRAPEC, p.1-15, 1999.

SILVA, H. C.; ERNESTO, J. S.; ALIGHIERI, L. F. A.; SILVA, F. A. R. Uma abordagem voltada para a física moderna. **Scientia Plena**. 13, 2017.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna No Ensino Médio: Um Experimento Para Abordar O Efeito Fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.29, n.2, p.313-324, ago. 2012.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.15, n.2, p.121-135, ago.1998.

**APÊNDICE A – PRÉ-TESTE****QUESTIONÁRIO INICIAL****UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG**

<b>ROTEIRO DE ATIVIDADES</b>	
<b>3° Ano do E. M.</b>	<b>ESCOLA ESTADUAL</b>
<b>ALUNO:</b>	
<b>PROFESSOR:</b>	

Prezado (a) aluno (a) Este questionário faz parte de minha pesquisa de final de curso de Pós-graduação da UFMG intitulada: ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO: SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA ABORDAR O EFEITO FOTOELÉTRICO. Sua participação é primordial para o desenvolvimento do trabalho. Desde já agradeço a sua colaboração.

Ramon Junio

ramonjunio17@yahoo.com.br

1) Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico? Se sim, onde?

2) O que é o efeito fotoelétrico?

**APÊNDICE B – PÓS-TESTE****QUESTIONÁRIO FINAL****UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG**

<b>ROTEIRO DE ATIVIDADES</b>	
<b>3º Ano do E. M.</b>	<b>ESCOLA ESTADUAL</b>
<b>ALUNO:</b>	
<b>PROFESSOR:</b>	

Prezado (a) aluno (a) Este questionário faz parte de minha pesquisa de final de curso de Pós-graduação da UFMG intitulada: ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO: SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA ABORDAR O EFEITO FOTOELÉTRICO. Sua participação é primordial para o desenvolvimento do trabalho. Desde já agradeço a sua colaboração.

Ramon Junio

ramonjunio17@yahoo.com.br

1) O que é o efeito fotoelétrico?

2) Descreva o mais detalhadamente possível as características do efeito fotoelétrico. Explicitando a sua:

a) dependência com a frequência da luz;

b) dependência com a intensidade da luz;