

EFEITO FOTOELÉTRICO: UM FENÔMENO, VÁRIOS EXPERIMENTOS

Antônio Carlos Alexandre da Silva¹
Rodrigo Ronelli Duarte de Andrade²

RESUMO

A presença de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) brasileiro é uma realidade. A inserção desses conteúdos no EM vem de um longo processo de pesquisas, discussões e da introdução dessa preocupação nos documentos norteadores do ensino a nível nacional. No entanto, mesmo diante de todos esses progressos, não há garantia de que esses conteúdos sejam realmente apresentados no EM, por diversos motivos. Além disso, existem lacunas e divergências no que se refere a questões curriculares e metodológicas. Verifica-se que várias propostas metodológicas têm sido desenvolvidas nas últimas décadas a partir da utilização de atividades experimentais como ponto de partida para a discussão de conteúdos de FMC. O presente artigo surgiu da necessidade de inserção de temáticas de FMC no colégio de origem dos autores. A escolha do Efeito Fotoelétrico como ponto inicial para esta ação ocorreu pela facilidade em se encontrar artigos sobre o tema em periódicos nacionais. A pesquisa se desenvolveu com o objetivo de se identificar um ou mais experimentos de baixo custo e fácil execução, bem como, propostas didáticas mais adequadas para sua implementação levando-se em conta às condições encontradas na escola. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, de cunho qualitativo, para se selecionar experimentos que demonstrem o efeito fotoelétrico, bem como propostas didáticas que possam ser desenvolvidas em turmas do terceiro ano do Ensino Médio. A partir das análises realizadas foi possível se identificar 9 propostas experimentais e três sequências didáticas. Foram selecionadas duas propostas experimentais consideradas mais adequadas às condições da escola, pela facilidade em se conseguir os componentes na própria cidade ou em cidades próximas, pelos custos e pela relativa facilidade na montagem e manipulação. Quanto a proposta didática, decidiu-se pela construção de uma proposta própria que reunissem os principais procedimentos das propostas encontradas.

Palavras-chave: Efeito Fotoelétrico, Física Moderna e Contemporânea, Experimentos.

INTRODUÇÃO

A presença de conceitos e conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) brasileiro já é uma realidade. Pereira, Guerini e Sá-Silva (2019) identificaram que todos os livros didáticos de Física aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) – 2018 apresentam em seus conteúdos tópicos de Física Moderna e

¹ Estudante do Curso de Laboratório de Ciências da Natureza, do Colégio Agrícola Vidal de Negreiros, Bananeiras, PB, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, carlsalexandree@gmail.com;

² Departamento de Ciências Básicas e Sociais, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, rodrigo.ronelli@academico.ufpb.br

Contemporânea (FMC). Bezerra e Andrade (2022) identificaram temas de FMC em todas as coleções de Ciências da Natureza apresentados no PNLEM 2021.

A inserção desses conteúdos no EM vem de um longo processo de pesquisas, discussões e da introdução dessa preocupação nos documentos norteadores do ensino a nível nacional, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM, 2000), os PCN+ Ensino Médio: orientações curriculares complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (2002) e, mais recentemente, a Base Nacional Comum Curricular (2018).

No entanto, mesmo diante de todos esses progressos, não há garantia de que esses conteúdos sejam realmente apresentados no EM. Valadares e Moreira (1998) evidenciam que falta aptidão de alguns professores para trabalhar a FMC, como também recursos didáticos, o que cria algumas barreiras no ensino-aprendizagem desses conceitos. Ferreira (2008, apud PEREIRA; GUERINI; SÁ-SILVA (2019) explicita que a Física Moderna é sempre apresentada no final do terceiro volume dos livros didáticos de Física e este fato, apesar de não ser determinante para a não abordagem dos conteúdos, é agravante, pois geralmente no ensino público não há tempo para cumprir o programa e acabam ficando fora das conversas de sala de aula.

Rezende Júnior e Cruz (2003) destacam que existem lacunas e divergências no que se refere à questão curricular, ou seja, em que parte do currículo escolar a FMC deve estar presente, quais conteúdos de FMC devem ser privilegiados no espaço escolar médio e também no campo metodológico.

Diversas propostas metodológicas têm sido desenvolvidas nas últimas décadas. Apenas para citar algumas poucas propostas desenvolvidas recentemente:

- Batista e Siqueira (2017) apresentam uma sequência de ensino aprendizagem sobre o tópico radioatividade, forjada nos pressupostos teórico-metodológicos da Pesquisa Baseada em Projeto e da Sequência de Ensino-Aprendizagem, implementada em escolas públicas do Ensino Médio;
- Pinheiro (2015) propõe a construção de uma câmara de nuvens e temas de FMC para discussão em aula de Física do Ensino Médio, utilizando o aparato construído;
- Batista, Assis e Travain (2017) construíram uma sequência de aulas sobre o Efeito Fotoelétrico, com alunos do 3ª série do Ensino Médio, aplicada por meio de duas estratégias de ensino: aula dialogada e atividade experimental.

- Fernandes *et. al.* (2017) desenvolvem uma proposta didática para o Ensino Médio compreendendo discussões sobre Mecânica Quântica e elementos que relacionam a Física e algumas pinturas de Salvador Dalí.
- Santana e Santos (2017) apresentam os resultados da aplicação de uma sequência didática elaborada para a discussão de alguns conceitos de física moderna como: espectroscopia, quantizações da energia e da radiação e os modelos atômicos, abordados através do uso de atividades experimentais, simulações, vídeos e da elaboração de textos e questões por parte dos estudantes.

A maioria das proposições tomam as atividades experimentais como ponto de partida para a discussão de conteúdos de FMC. A utilização de experimentos que sejam confeccionados do modo simples de baixo custo, é uma estratégia que sempre é implementada nas salas de aula nas áreas das ciências da natureza e da terra, o que facilita o acesso dos estudantes e professores a experimentos de física (ALVES; SANTOS, 2021).

O presente artigo surgiu da necessidade de inserção de temáticas de FMC no colégio de origem dos autores. A escolha do Efeito Fotoelétrico como ponto inicial para esta ação ocorreu pela facilidade em se encontrar artigos sobre o tema em periódicos nacionais. A pesquisa se deu com o objetivo de se identificar um ou mais experimentos de baixo custo e fácil execução, bem como, propostas didáticas mais adequadas às condições encontradas no colégio para que sejam apresentadas e desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio.

METODOLOGIA

O presente trabalho, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de cunho qualitativo, com o objetivo de selecionar experimentos que demonstrem o efeito fotoelétrico e propostas didáticas que possam ser desenvolvidas em turmas do terceiro ano do Ensino Médio.

De acordo com Sousa, Oliveira e Alves (2021), a pesquisa científica bibliográfica, trata-se de um processo onde busca-se entender um questionamento inerente aos pesquisadores que utilizam da investigação para solucionar, responder ou aprofundar o objeto de estudo que se têm interesse.

A pesquisa se iniciou através de uma busca textual na Internet, a partir do termo Efeito Fotoelétrico. Foram selecionados apenas os artigos publicados em periódicos científicos nacionais que apresentavam propostas de experimentação e de didática de desenvolvimento das atividades experimentais. A partir dessa primeira seleção, foi realizadas a leitura dos resumos de todos e identificados os que se encaixam com o objetivo principal desta pesquisa.

Na sequência, foram realizadas leituras mais detalhadas de forma a identificar os materiais utilizados, os procedimentos de confecção do equipamento, a facilidade em se obter os materiais e os custos, para que, a partir daí, fosse realizada a seleção da proposta mais adequada.

REFERENCIAL TEÓRICO

Ostermann e Moreira (2000) identificaram na literatura como divulgação científica ou como bibliografia de consulta para professores e alunos do Ensino Médio os seguintes temas de Física Moderna e Contemporânea: Relatividade, Armas nucleares, Efeito fotoelétrico, Laser, Emissão de corpo negro, Polaróides, Cristais líquidos, Supercondutividade, Interações fundamentais, Partículas elementares, Caos, Radioatividade, Mecânica Quântica, Raios cósmicos, e Astrofísica (OSTERMANN; MOREIRA, p. 32-33).

As atividades práticas e experimentais, segundo Krasilchik (2004), apud Andrade e Massabni (2011), se referem às aulas práticas como aquelas que permitem aos alunos ter contato direto com os fenômenos, manipulando os materiais e equipamentos e observando organismos, em geral envolvendo a experimentação. Segundo ela, demonstrações, excursões e aulas práticas pertencem a diferentes modalidades didáticas, sendo que aulas práticas requerem a participação do aluno com seu envolvimento direto na obtenção de dados (ANDRADE; MASSABNI, 2011, p. 840).

Scarinci e Dias (2017) apresentam propostas de metodologias pedagógicas para o desenvolvimento de conteúdos de física para a formação de um estudante transdisciplinar e interdisciplinar, que prima pelo eixo experiência-reflexão, ou seja, propostas de experiências para os estudantes para depois se fazer a reflexão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Arruda e Filho (1991) relatam a utilização de materiais de baixo custo para montar um laboratório de Física. Os autores descrevem diversas experiências, entre elas a demonstração do efeito fotoelétrico utilizando lâmpadas comerciais de mercúrio. A montagem é relativamente fácil, mas não apresenta nenhuma proposta de sequência didática.

Cavalcante e Tavolaro (2001) desenvolveram uma oficina de FMC que tinha como objetivo sua inserção no ensino médio. Nela discutem especificamente o tópico comportamento dual da luz e da matéria. A natureza corpuscular da luz é evidenciada

utilizando um “espectrofotômetro caseiro” construído com sensores de calculadoras solares (célula fotoelétrica), LEDs (Light Emitting Diode) e um laser. As autoras também lançam mão da ajuda de simulações computacionais para explicar o efeito fotoelétrico.

Cavalcante et al. (2002) apresentam uma proposta para o ensino do efeito fotoelétrico que envolve uma simulação computacional e um experimento prático com LED's. Os autores também indicam uma possível abordagem interdisciplinar entre professores de Física e Filosofia, apontando alternativas para uma prática docente interligada e contextualizada.

Filho et al. (2006) relatam o desenvolvimento e a caracterização de uma célula de efeito fotoelétrico e um sistema de excitação e de medição adequados para uso didático em aulas de Física. A célula é semelhante às primeiras desenvolvidas no século XIX, e o sistema de medição envolve transistores, uma bateria e um multímetro, e permite estimar a corrente fotoelétrica produzida na célula. Proposta interessante, na medida em que é desenvolvido o próprio componente fotoelétrico, diferente das outras propostas que já utilizam um componente que é comprado pronto.

Paranhos et al. (2008) realizaram um projeto para o ensino de FMC em um curso de licenciatura em física. Este projeto consistiu no desenho, construção e utilização de um experimento utilizando lâmpada de vapor de mercúrio para atividades práticas e demonstrações didáticas. Os autores propuseram utilizar o experimento para trabalhar os seguintes tópicos: o efeito fotoelétrico, a análise do espectro de emissão do mercúrio e suas particularidades relacionadas às regras de seleção e suas evidências de correções relativísticas.

Silva e Assis (2012) propõe-se uma atividade experimental, confeccionada com materiais de baixo custo, que aborda o efeito fotoelétrico. O trabalho replica um experimento chamado Ouça o seu Controle Remoto. A maioria dos materiais necessários para a montagem do experimento podem ser adquiridos em uma loja de componentes eletrônicos. A montagem consiste na construção de um circuito elétrico. Um LDR (Resistor Dependente de Luz) e o elemento fotossensível. O LDR, ou Resistor Dependente de Luz, é, basicamente, um resistor que varia sua resistência conforme a intensidade de luz que incide sobre ele (<https://mundoprojetado.com.br/ldr-o-que-e-e-como-funciona>). Apresenta algumas aplicações do Efeito Fotoelétrico em dispositivos eletrônicos atuais, mas não menciona uma proposta didática de aplicação em sala de aula. É uma montagem relativamente simples, desde que se consiga os componentes necessários.

O trabalho de Cardoso e Dickman (2012), mesmo utilizando simulações computacionais sobre o do efeito fotoelétrico, foi considerado nesta pesquisa por apresentar

uma sequência de atividades que, para o nosso objetivo, pode ser utilizado com um aparato experimental.

Cavalcante et al. (2013; 2014) elaboraram uma sequência didática com o objetivo de explorar o funcionamento de controles remoto a partir da utilização do micro controlador Arduino. Como pano de fundo para o trabalho, os autores utilizam o ensino do efeito fotoelétrico. Por ser um tema amplo, dividiu-se a apresentação em duas partes. No primeiro artigo, os autores apresentam características mais gerais e mostram como se pode tornar perceptível a radiação infravermelha, quer transformando-a em radiação visível através dos fotosensores presentes em câmeras digitais, quer transformando-a em sinais elétricos que podem ser visualizados através do software de som Audacity disponível livremente na web. No segundo, apresentam uma sequência didática com o objetivo de explorar o funcionamento de controles remoto. Também são propostos experimentos de forma a tornar possível, a compreensão não apenas do seu funcionamento, mas como se processa os diferentes comandos advindos de cada uma de suas teclas.

Eberhardt e colaboradores (2017) desenvolvem uma atividade experimental qualitativa do efeito fotoelétrico a partir da exposição de uma lâmpada neon NE2H como componente fotossensível às luzes de diferentes comprimentos de onda emitidas por LEDs variados. Mede-se a corrente fotoelétrica entre os eletrodos da lâmpada néon, verificando-se que esta possui sentido definido; que o efeito ocorre quando o comprimento de onda da luz aplicada é menor que determinado limite, e; que a intensidade da corrente fotoelétrica depende da intensidade da luz aplicada, em acordo com o modelo científico atual do fenômeno. Constitui-se em um experimento viável pela simplicidade dos materiais necessários. Não apresenta metodologia de desenvolvimento em sala de aula.

Alves e Santos (2021) apresentam a montagem e os resultados obtidos com o desenvolvimento de um aparato experimental destinado ao estudo quantitativo do efeito fotoelétrico (EF) a nível de graduação. O componente fotoelétrico é uma válvula fotoelétrica RCA 1P39. Apresenta toda a montagem que inclui vários circuitos, mas por constituir-se em um experimento destinado a realização de medidas, é uma montagem bem mais elaborada que o objetivo desta pesquisa.

A partir das análises realizadas foi possível se identificar 09 propostas de construção de experimentos e três sugestões de sequências didáticas, que foram sintetizadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - PROPOSTAS EXPERIMENTAIS, SIMULAÇÕES E DIDÁTICAS SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO.

Trabalho	Experimento	Simulação	Sequência
Arruda e Filho (1991)	X		
Cavalcante e Tavolaro (2001)	X	X	
Cavalcante et al. (2002)	X	X	X
Filho et al. (2006)	X		
Paranhos et al. (2008)	X		
Silva e Assis (2012)	X		
Cardoso e Dickman (2012)		X	X
Cavalcante et al. (2013; 2014)	X		X
Eberhardt et al. (2017)	X		
Alves e Santos (2021)	X		

Fonte: Autoria própria (2022).

Dessa forma, foram selecionadas as propostas de Cavalcante e Tavolaro (2001) e de Paranhos et al. (2008) por serem consideradas as mais adequadas as condições da escola, pela facilidade em se encontrar os componentes na própria cidade, pelos custos e pela relativa facilidade na montagem. Importante considerar que os experimentos não são apenas montados com os materiais descritos nos trabalhos analisados, mas também com ferramentas como alicate, chaves de fendas, ferro de solda, e, para melhor manuseio, organização e durabilidade da montagem, são colocados (afixados) em bases, que podem ser de madeira ou papelão, o que demandam outros materiais e ferramentas.

Por fim, verificou-se que as propostas didáticas apresentam uma convergência no sentido de que todas propõem o início a partir de uma situação concreta, prática, a partir da apresentação da atividade experimental e da visualização dos efeitos ocorridos com a exposição do aparato à luz ou laser. Decidiu-se pela construção de uma proposta própria, baseada nas sequências encontradas, que incluísse uma problematização inicial e também uma atividade experimental que não fosse simplesmente demonstrativa, mas que os estudantes pudessem manipular, de alguma forma os materiais. Assim, foi pensada a seguinte proposta, tomando-se por referência as propostas experimentais-reflexivas, encontradas em Scarinci e Dias (2017).

Inicialmente, apresentar situações onde se utilizam células fotoelétricas a partir do questionamento de como funciona, por exemplo, o acionamento automático das luzes de postes e a produção de energia elétrica com painéis fotovoltaicos. Ao se organizar as respostas na lousa, propor que os estudantes, em grupos de dois ou três realizem uma montagem com um sensor de calculadora, fios e LEDs para que os últimos acendam (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2001).

Após a conclusão das montagens, solicitar que eles imaginem o que acontece, a nível atômico, quando se incide luz nos sensores para que eles produzam uma corrente elétrica? Novamente organizar as respostas na lousa, ao lado das primeiras respostas. A partir daí, iniciar a apresentação do modelo científico que explica o fenômeno do Efeito Fotoelétrico.

Por fim, apresentar o outro experimento selecionado (PARANHOS et al., 2008) explicando-o a partir do modelo científico apresentado. Essa proposta foi pensada para duas aulas de 50 minutos, em sala de aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio vem sendo bastante discutida nas últimas décadas, porém sua real implementação não é tão fácil como se pode imaginar.

Neste trabalho são apresentados os resultados de uma pesquisa qualitativa para a definição de experimentos sobre o Efeito Fotoelétrico e a construção de uma sequência didática a ser desenvolvida na escola de origem dos autores.

A partir das análises realizadas foi possível se identificar nove propostas experimentais e três sequências didáticas. Foram selecionadas duas propostas experimentais consideradas mais adequadas às condições da escola, e desenvolvida uma sequência problematizadora, onde os estudantes pudessem associar o fenômeno Efeito Fotoelétrico à situação mais cotidianas e manipular materiais para realizar uma montagem experimental.

A proposta apresentada deverá ser implementada ao longo desse ano, na disciplina de Física do 3º Ano do CAVN/UFPB, o que será essencial para a verificação da adequação das ideias desenvolvidas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. G., SANTOS, A. L. M.. Efeito fotoelétrico: desenvolvimento de um experimento quantitativo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, e20210146, 2021.

ARRUDA, S. M.; FILHO, D. O. T. Laboratório Caseiro de Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 8, n. 3, dez. 1991.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2: p. 891-934, out. 2012.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de Física Moderna que visa sua inserção no ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 263-276, dez. 2001.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; HAAG, R. Experiências em Física Moderna. **A Física na Escola**, v. 6, n. 1, 2005.

EBERHARDT, D.; ROCHA FILHO, J. B.; LAHM, R. A.; BAITELLI, P. B. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 928-950, dez. 2017.

FILHO, J. B. R.; SALAMI, M. A.; HILLEBRAND, V. Construção e caracterização de uma célula fotoelétrica para fins didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 555-561, ago. 2006.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan. 2000.

PARANHOS, R. R. G.; R, V. L.; PIZANI, P. S. Lâmpada de Hg para experimentos e demonstrações de física moderna: introdução ao Efeito Fotoelétrico e outros tópicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p. 4502/0-4502/6, ago. 2008.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: Um Experimento para abordar o Efeito Fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2: p. 313-324, ago. 2012.

SILVA, R. S.; ERROBIDART; N. C. G. Sobre as pesquisas relacionadas ao ensino do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 618-639, dez. 2015.

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.

VEIT, E. A., THOMAS, G., FRIES, S. G., AXT, R., SELISTRE, L. F. O efeito fotoelétrico no 2º grau via microcomputador. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 68-88, ago 1987.

BEZERRA, J. V. V., ANDRADE, R. R. D. Atividades Experimentais de Física Moderna e Contemporânea no PNLEM 2021. XIX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2022. **Anais...** Belo Horizonte, MG, 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Básica/MEC, 1999.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: orientações curriculares complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

REZENDE JÚNIOR, M. F., CRUZ, F. F. S. Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Do consenso de temas à elaboração de propostas. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2003. **Anais...** Bauru, SP. 2003.

BATISTA, C. A. S.; SIQUEIRA, M. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 880-902, dez. 2017.

BATISTA, K. C. P.; ASSIS, A.; TRAVAIN, S. A. Efeito fotoelétrico - Uma abordagem experimental para o Ensino de Física Moderna. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017 **Anais...** Florianópolis, SC, 2017 .

PINHEIRO, L. A. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 517-528, ago. 2015.

PEREIRA, P. D.; GUERINI, S. C.; SÁ-SILVA, J. R. Os conteúdos de Física Moderna em livros didáticos de Física do Ensino Médio. **Debates em Educação**. Vol. 11, Nº. 24, Maio/Ago. 2019.

FERNANDES, R. F. A. M.; PIRES, F. F.; FORATO, T. C. M.; SILVA, J. A. Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 509-529, ago. 2017.

SANTANA, F. B.; SANTOS, P. J. S. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 555-589, ago. 2017.

SCARINCI, A. L. ; DIAS, V. S. **Física**. Coleção a Reflexão e a Prática no Ensino Médio: Vol. 8. Editora Blucher. 2017