

ANÁLISE DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA EXTERNA DO CONTEÚDO EFEITO FOTOELÉTRICO

Thiago Vicente de Assunção ¹
Charles Teruhiko Turuda ²
Carlos Alberto de Oliveira Campos ³

RESUMO

A atual sociedade contemporânea é caracterizada pela sua progressiva imersão na cultura científica e tecnológica e a sua crescente dependência da ciência e da tecnologia. Devido ao avanço tecnológico conteúdos da Física Moderna, como o efeito fotoelétrico, não habitam, em sua totalidade, no campo da abstração. O aluno se depara em seu cotidiano com aparelhos eletrônicos e óptico elétricos que trazem elementos fundamentais para uma boa compreensão da Física Moderna. Nesse contexto, a escola tem o importante papel social de preparar o aluno para lidar com as constantes transformações da sociedade em que vive. Os livros didáticos têm o objetivo de auxiliar o professor na apresentação do saber e o no nível que esse saber será apresentado aos alunos. O presente estudo tem como objetivo analisar a transposição didática externa do conteúdo efeito fotoelétrico nos livros didáticos aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático de 2018.

Palavras-chave: Transposição Didática, Efeito Fotoelétrico, Física.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das ciências, no geral, e da física, de maneira específica, é de extrema importância para a inclusão do indivíduo na sociedade atual. Esse papel é social está exposto nos documentos oficiais de educação (Parâmetros Curriculares Nacionais, Orientações Curriculares Nacionais, Diretrizes Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular) como sendo o objetivo final da Escola.

Millar (2003) diz que o currículo escolar deve fornecer uma base introdutória para estudos posteriores e para a vida do indivíduo em sociedade. O primeiro grupo, composto pela minoria, representa os alunos que pretendem seguir a carreira científica popularmente chamada das 'exatas'. Já o segundo grupo, composto pela maioria, representa os alunos que querem seguir outras carreiras (empreendedorismo, ciências sociais, *etc.*). Para este último

¹ Mestrando do programa de pós-graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, thiagoassuncao1994@gmail.com;

² Mestrando do programa de pós-graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, charles.turuda@gmail.com;

³ Professor Adjunto da Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, cacamposconsultoria@gmail.com;
Órgão de fomento: Fundação Bernardo Campos.

grupo, o ensino dos conteúdos da Física deve preparar os alunos para a vida, tomada de decisões em uma democracia técnica, industrializada e moderna.

Nesse contexto e considerando que a atual sociedade contemporânea é caracterizada pela constante e progressiva imersão na cultura científica e tecnológica, o ensino de física no nível médio não pode mais se resumir a experimentos ímprobos feitos no laboratório científico e ao formalismo matemático. No que se refere à Física Moderna, é possível observar que objetos com *laser* e aparelhos óptico eletrônicos já fazem parte do dia-a-dia dos alunos e negar essas aplicações na sala de aula é ir contra ao objetivos expressos pelos documentos oficiais de educação. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (2000, p.22), ao propor um currículo que trabalhe dentro dessa perspectiva, “*parte-se do pressuposto de que toda aprendizagem significativa implica uma relação sujeito-objeto e que, para que esta se concretize, é necessário oferecer as condições para que os dois polos do processo interajam*”.

Assim, o objetivo do presente estudo é verificar se os livros didáticos de Física favorecem ou desfavorecem a relação entre ciência e sociedade através da transposição didática do conteúdo Efeito Fotoelétrico.

UMA BREVE REVISÃO SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO

O fenômeno denominado efeito fotoelétrico consiste na liberação de elétrons pela superfície de um metal, quando este é submetido à interação com luz. A energia luminosa é parcialmente transformada em energia cinética dos elétrons liberados. Historicamente, apesar do surgimento de polêmicas teóricas sobre a explicação do efeito fotoelétrico, a indústria eletrônica rapidamente utilizou o fenômeno no desenvolvimento de elementos sensíveis à luz, como os fotossensores utilizados em postes de iluminação. Eisberg e Resnick (1979), Caruso e Oguri (2006) e Nussenzveig (1998) afirmam que inicialmente, em 1887, Hertz observou o fenômeno quando estudava a geração e a detecção de ondas eletromagnéticas para comprovar a teoria de Maxwell.

No experimento realizado por Hertz, a faísca de detecção saltava com mais facilidade quando os eletrodos da antena receptora estavam expostos à luz. Mais tarde, em 1902, Lenard estudou extensivamente o efeito fotoelétrico e, de 1906 a 1916, Millikan fez o mesmo. Lenard levantou uma série de resultados experimentais com características intrigantes e contraditórias ao que seria previsto pela física clássica

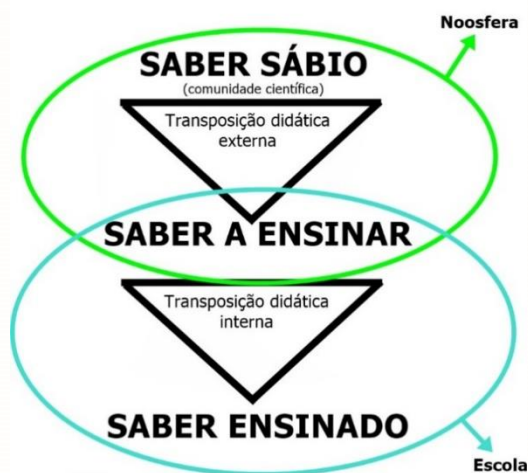
Em 1905, Einstein propôs um modelo teórico para a luz que explicou todas essas observações. Ele supôs que a radiação era quantizada em pacotes de energia, mais tarde chamados de fótons.

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

As instituições de ensino têm um papel importante de transmissão de cultura e saber científico estabelecido. No que diz respeito ao ensino das ciências e da física, podemos dizer que a escola tem um papel importante na transmissão da cultura científica e tecnológica estabelecida. É evidente que o saber que é produzido pelos cientistas e pesquisadores é muito diferente daquele que é ensinado nas salas de aula. Uma ferramenta que possibilita o entendimento dessas transformações é o conceito de Transposição Didática, que é utilizada para analisar o processo “*através do qual o saber produzido pelos cientistas (o Saber Sábio) se transforma naquele que está contido nos programas e livros didáticos (o Saber a Ensinar) e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula (o Saber Ensinado)*” (BROCKINGTON;PIETROCOLA, 2005, p.388).

O conceito de transposição didática foi inicialmente proposto por Verret em 1975 e depois retomada por Chevallard (1991) no contexto da didática da matemática. Chevallard (1991), destaca um conjunto de instituições com determinados papéis. Existe uma instituição produtora do saber, uma instituição transpositiva do saber e uma instituição democratizadora do saber (BRITO-MENEZES, 2006). A Figura 1 apresenta a organização dessas instituições.

Figura 1. Transposição didática.



Fonte: Organizado pelos autores.

Brito-Menezes (2006), destaca que o objetivo da transposição didática não é fazer com que o aluno se aproprie do saber produzido na comunidade científica, visto que os objetivos da escola são outros. O conceito de transposição didática tem por objetivo socializar o saber produzido na comunidade científica através de processos para tornar o saber compreensível pelos alunos. Esse processo é cerceado de transformações que implicam em deformações, supressões, acréscimos e criações didáticas, objetivando facilitar a compreensão do saber e atribuir significados ao saber ensinado.

O processo de transformação dos saberes científicos em saberes a ensinar é estabelecido em uma instituição denominada de *Noosfera*, onde é acordado o que deve ser ensinado na escola por meio dos documentos oficiais de educação, como currículos, parâmetros e *etc.* (BRITO-MENEZES, 2006). Segundo Almeida (2016), “A *transposição didática externa se caracteriza pela definição dos objetos de ensino, que indica o saber a ser ensinado, ‘texto do saber’*. De acordo com Chevallard (2001), a *noosfera* tem o papel importante de vigilância epistemológica do saber para que, após o processo de transposição, o saber, não se perca da sua própria epistemologia, evitando a dissociação do saber de origem. Já a transposição didática interna acontece dentro da sala de aula,

o saber a ser ensinado é transformado em saber ensinado, ou seja, aquele que acontece intramuros da sala de aula, cujos parceiros envolvidos são o professor e os alunos, e que tem no primeiro o elemento humano responsável. Porém, não podemos pensar que ela depende unicamente do professor, pois estão envolvidas questões bem mais amplas, que conferem uma complexidade considerável a tal processo. (SILVA;SILVA;SIMÕES-NETO, 2017, p.980)

CAMINHOS METODOLÓGICOS

Foram selecionados sete livros didáticos do ensino médio, todos aprovados pelo PNLD – 2018. Esta etapa se subdividiu em duas subunidades. A primeira, tem por objetivo investigar se existe promoção da AC. Já a segunda, tem por objetivo avaliar a transposição didática. Os livros selecionados para a análise são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Livros didáticos analisados.

Livro Didático	Título	Ano	Descrição da Proposta
LD1	<i>Conexões com a física: eletricidade: física do</i>	2016	PNLD - 2018

	<i>século XXI</i>		
LD2	<i>Física 3: eletricidade: física moderna.</i>	2016	
LD3	<i>Física 3: contexto e aplicações: ensino médio</i>	2016	
LD4	<i>Física para o ensino médio 3</i>	2013	
LD5	<i>Física: interação e tecnologia</i>	2016	
LD6	<i>Física aula por aula: eletromagnetismo, física moderna.</i>	2016	
LD7	<i>Compreendendo a física</i>	2017	

Fonte: Organizado pelo autor.

- Transposição Didática do conteúdo Efeito Fotoelétrico.

Esta subunidade está relacionada com os movimentos de transposição didática. Nesta etapa, o autor procurou investigar os processos de perdas e de ganhos relacionados ao conteúdo e a promoção da AC através da análise comparativa dos textos do saber. Para isso, foi selecionado um livro didático do Ensino Superior comumente utilizado nos cursos de Licenciatura em Física. Esse livro será utilizado como manifestação do Saber Científico, que denominamos de Livro de Referência (LR). É atribuído validade a utilização do LR como manifestação do saber científico por, apesar de ser produto da transposição didática, ser menos modificado em relação ao livro do ensino médio (SILVA, SILVA, SIMÕES NETO, 2015; 2017). “*O saber torna-se tanto mais legítimo quanto mais próximo ele for do saber de referência e mais distantes dos saberes espontâneos (...)*” (BRITO – MENEZES, 2006, p.79).

Na análise, buscou-se identificar as modificações na qual o conteúdo de efeito fotoelétrico é submetido até chegar no livro didático do ensino médio. Para isso, foram eleitas categorias com base em Chevarllad (1991), as quais são:

- Acréscimos. informações adicionais incluídas no texto dos LD do ensino médio e que não estão presentes na abordagem do saber científico no LR
- Supressões. “*informações, ideias ou relações que são removidos pela noosfera.*” (SILVA, SILVA, SIMÕES NETO; 2017, p.981).
- Deformações. “*que ocorrem quando o saber científico é modificado, se distanciando do significado original*” (Ibid, 2017).

- i. Criações didáticas. Abordagem do saber científico adaptada ao contexto escolar.

Para auxiliar a análise foram elencados alguns tópicos como apresentado pelo Quadro 2.

Quadro 2. Orientações para as observações.

Tópicos do conteúdo Efeito fotoelétrico	Direcionamento para as observações
Conceito e Explicação	<i>Pressuposto, teoria, o quantum de energia, frequência de luz associada ao efeito, intensidade x frequência, função trabalho, fóton e as unidades de medida.</i>
Formalismo matemático	<i>Teoremas, energia do fóton, frequência, relações entre teorias e fórmulas.</i>
Aplicação na sociedade	<i>Células fotoelétricas (postes de luminosidade etc.)</i>

Fonte: organizado pelo autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CONCEITO

O LR, antes de definir o conceito de efeito fotoelétrico, trata da parte histórica citando cientistas importantes na física como Maxwell, Lenard, Hertz e Hallwachs. O LR diz que o efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons de uma superfície metálica devido a incidência de luz sobre essa mesma superfície. Dos livros didáticos analisados, apenas LD1, LD2, LD4, LD5 e LD7 contemplam fielmente a fala apresentada pelo LR. O LD3 mostra o conceito de efeito fotoelétrico como apresentado pelo LR, porém não apresenta indicadores de contexto histórico e nem expõe os pesquisadores envolvidos no processo de descoberta, o que tende a criar uma visão equivocada de que os importantes descobertos científicos foram feitos em um curto espaço de tempo. O LD6 apresenta o contexto histórico e cita cientistas que foram importantes no desenvolvimento do efeito fotoelétrico, todavia o livro traz uma afirmação subjetiva ao não especificar o tipo de material que deve ser atingido pela radiação

eletromagnética para acontecer o efeito fotoelétrico. O LD6 durante todo o capítulo apenas cita a palavra “material”, o que pode ser interpretado como qualquer material se iluminado (madeira, concreto e etc.), provoca o efeito fotoelétrico. Nesse sentido, LD3 e LD6, consideramos a existência de uma **supressão** prejudicial.

O LR retrata que fótons são pacotes quantizados e concentrados de energia que, quando atingido na superfície, é completamente absorvido por um elétron. Todos os livros, exceto o LD4, contemplam de forma significativa a afirmação do LR. O LD4 trata de forma muito superficial a relação existente entre o fóton e o elétron, o livro mencionado não cita as palavras “absorção” e “colisão” e nem seus sinônimos para figurar a passagem do fóton para o elétron e depois o surgimento da corrente fotoelétrica. Consideramos isso como um caso de **supressão** parcial.

Consideramos como **acréscimos** o apresentado pelo LD2, LD3, LD4, LD5 e LD7. O LD2 e o LD4 apresentam o nome do físico russo Alexander Stoletov que foi um dos responsáveis pelo desenvolvimento do conceito de efeito fotoelétrico. Os livros LD3, LD5 e LD7 representam imagetivamente o fóton e o elétron.

O LR explica que o efeito fotoelétrico está associado a frequência de luz e não a sua intensidade, isto é, a energia do fóton não se altera com o aumento da intensidade de luz. A intensidade de luz é proporcional ao número de elétrons ejetados e não a função trabalho. A função trabalho tem relação direta com o efeito fotoelétrico, já que para ocorrer esse fenômeno é necessária uma energia mínima. Apesar de considerarmos a explicação dada pelo LD4 superficial, podemos afirmar que todos os livros didáticos contemplam a explicação feita pelo livro de referência.

O LD7 trata a relação entre a energia do elétron a ser ejetado, o fóton e a função trabalho de forma significativa. Ao explicar essa relação, o livro didático faz uma analogia com uma situação familiar onde,

Seu pai (o fóton) dá a você (o elétron) R\$ 50,00 para ir ao cinema, que custa R\$15,00 (função trabalho). Se você mora longe e só pode ir de táxi, e a corrida de táxi nesse percurso custa R\$40,00 (você é um elétron distante da superfície do material), não dá para ir ao cinema porque o dinheiro que sobra não é o suficiente para pagar a entrada (você, elétron, não é emitido); se você tem que ir de táxi, mas mora mais perto (é um elétron mais próximo da superfície do material) e gasta R\$30,00, você consegue ir ao cinema mas sobra pouco dinheiro, mal dá para comprar um saquinho de pipoca (você, elétron, é emitido, mas só com R\$5,00 de “energia cinética”). Mas se você mora perto (é um elétron na superfície do material) e vai a pé, você só gasta os R\$15,00 da entrada e sobra todo o resto para gastar (você, elétron, é

emitido com R\$35,00, sua “energia cinética básica”). (GASPAR, 2017, p.195).

Consideramos essa situação um caso de **criação didática**. Tendo em vista os outros livros analisados no presente artigo, ainda podemos destacar que essa situação é um processo de transposição didática característico do próprio autor.

FORMALISMO MATEMÁTICO

Na explicação do efeito fotoelétrico, o LR apresenta um gráfico da corrente em função da voltagem para representar a corrente fotoelétrica emitida por um equipamento utilizado para estudar o fenômeno. O livro explica que a energia cinética máxima tem relação com a energia do elétron e a frequência de corte. Além disso, o livro traz a possibilidade de se calcular o tempo de absorção do fóton pelo elétron.

O LR expõe que a energia E do pacote de fóton se relaciona diretamente com a sua frequência. E , quando o elétron é ejetado da superfície do metal, sua energia cinética tem relação com a subtração entre a energia E do fóton e a função trabalho w . O LR, também recorre ao formalismo matemático para justificar as três objeções de Einstein referentes a teoria clássica: (i) teoria ondulatória; (ii) a existência de um limiar de frequência e (iii) ausência do retardamento.

O LR também traz a possibilidade de calcular a taxa por unidade de área com que os fótons atingem uma placa metálica.

Já os livros didáticos, quanto ao formalismo matemático, de forma geral, a maioria apresenta apenas a fórmula da energia do fóton e a fórmula da energia cinética máxima. O LD3 não apresenta a energia cinética máxima e, portanto, a função trabalho também se ausenta destes livros. Consideramos a situação expressa no LD3 como uma **supressão prejudicial**, porque é sustentada a ideia de que não existem dificuldades para na ejeção dos fótons da superfície do material quando, na verdade, é necessária uma energia mínima.

Os livros não apresentam representação matemáticas para as objeções de Einstein e não explicitam matematicamente uma maneira de se calcular o tempo de absorção do fóton pelo elétron. Além disso, os livros não trazem a possibilidade de se calcular matematicamente a taxa por unidade de área com que os fótons atingem uma placa metálica, o que consideramos como **supressão**.

APLICAÇÃO NA SOCIEDADE

Apesar do LR mencionar as micro-ondas e o raio X, ele não menciona a sua aplicação na sociedade de forma efetiva. Portanto, podemos concluir que o livro de referência não faz alusão das aplicações do efeito fotoelétrico na sociedade. Assim, todo o exposto sobre a aplicação do conceito de efeito fotoelétrico na sociedade presente nos livros didáticos analisados nesta parte do estudo, consideraremos como **acréscimos e criações didáticas**.

O LD4 e o LD3 citam as células fotoelétricas, que é a aplicação do efeito fotoelétrico, e apresenta a utilização desse dispositivo em portas automáticas, no controle automático da lâmpada de um poste de iluminação e no controle automático da saída de água em torneiras. Além disso, apresentam os sistemas de segurança e alarmes e fotômetros de máquinas fotográficas, e, o controle automático do tamanho de peças e o diagnóstico de doenças por imagem, respectivamente. O LD4 apresenta um site interativo do Departamento de Física da Universidade Federal da Paraíba, onde é possível simular o efeito fotoelétrico. O LD2 cita os postes de iluminação como exemplo de aplicação do conceito. O LD5 tem um tópico intitulado: Pensando as Ciências: física e tecnologia. Além disso, o LD5 fala sobre a aplicação do efeito fotoelétrico em câmeras fotográficas. O LD7 não cita os exemplos mostrados pelos livros anteriores, mas apresenta os óculos de visão noturna como uma tecnologia produto da utilização do efeito fotoelétrico.

Diferente dos demais livros analisados, o LD1 e o LD6 não mostram aplicações do efeito fotoelétrico na sociedade. Não consideramos uma **supressão**, porque não prejudica o saber envolvido. Todavia, ao investigar os objetivos dos documentos oficiais de educação do Brasil, como a Lei de Diretrizes e Bases da educação (LDB) de 1996. A LDB trata o ensino médio como a etapa final da educação básica e tem como finalidade, “*a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina*” (Art.35). Nesse sentido, o livro didático deve fornecer ao professor subsídios para orientar a atribuição de significados dos conteúdos à vida do aluno em sociedade. Apesar dessa discussão ser relevante, não é objeto de estudo do presente trabalho.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Tomando como base o estudo realizado por Assunção e Nascimento (2019a) sobre a promoção de Alfabetização Científica nos livros didáticos e o estudo feito por Assunção e Nascimento (2019b) a respeito da ausência e da presença de reciprocidade entre modos de

ensinar e aprender, no geral, pode-se afirmar que o livro didático é uma forte ferramenta na indução de metodologias mais alinhadas com os objetivos expressos pelos documentos oficiais de educação. Isto é, Assunção e Nascimento (2019b) mostram que existe uma ausência de reciprocidade entre modos de ensinar e aprender devido as preferências didáticas excludentes dos professores das ciências. Os autores apresentaram 4 direcionamentos para a construção de uma aula mais condizente com as diversas formas de aprender dos alunos, dentre os quais destaca-se dois: (1) Uma fundamentação teórica que torne o aluno capaz de associar o que ele aprende na escola com o que vivencia no cotidiano e (2) Atividade de observação do fenômeno estudado. Assunção e Nascimento (2019a) mostram que o livro traz esses elementos através da promoção da Alfabetização Científica o que auxilia o professor no alinhamento das suas aulas com as diferentes formas de aprender dos alunos e com os objetivos apresentados pelos documentos oficiais de educação.

O presente estudo constatou que grande parte dos livros analisados trazem aplicações do efeito fotoelétrico na sociedade induzindo uma potencial abordagem em sala de aula. Todavia, há uma necessidade implícita de pesquisar os professores de Física a respeito da utilização ou não utilização do livro didático em sala de aula. Além disso, o presente estudo e os estudos de Assunção e Nascimento (2019a; 2019b) convergem a necessidade de pesquisar o professor levando em consideração os seguintes questionamentos: quais são as dificuldades encontradas pelo professor de física na promoção de pedagogias que facilitem o aprendizado? Que espaço o livro didático pode ocupar na construção de um plano de aula? A formação continuada está atualizando o professor para adaptar suas aulas as demandas atuais da sociedade? A respostas dessas questões fica a cargo de estudos posteriores que visem compreender os contratos didáticos estabelecidos em sala de aula.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.E.L. **O contrato didático e as organizações matemáticas e didáticas: analisando suas relações no ensino da equação do segundo grau a uma incógnita**. 2016. Tese (doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

ASSUNÇÃO, Thiago Vicente de; NASCIMENTO, Robson Raabi do (a). Alfabetização Científica e a academia: um olhar sobre o ensino de física moderna e contemporânea na educação básica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v.10, n.3, p. 1-17, 2019.

ASSUNÇÃO, Thiago Vicente de; NASCIMENTO, Robson Raabi do (b). O inventário de estilos de aprendizagem de David Kolb e os professores de ciências e matemática: diálogo sobre o método de ensino. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v.14, n.1, p.14-34, 2019.

BARRETO FILHO, B.; DA SILVA, C. **Física aula por aula**: eletromagnetismo, física moderna. 3 ed. São Paulo: editora FTD, 2016.

BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Física 3**: eletricidade: física moderna. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BRITO MENEZES, A.P.A. **Contrato didático e a transposição didática: inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6º série do ensino fundamental**. 2006. Tese (doutorado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna?. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

CARUSO, Francisco. OGURI, Vitor. **Física Moderna**: origens clássicas e fundamentos quânticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p. 332-335.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sábio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1991.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleo e partículas. 26 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979, p. 51-59.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física**. 3 ed. São Paulo: Ática, 2017.

GONÇALVES FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. **Física**: interação e tecnologia, v. 3, ed. 2. São Pulo: Leya, 2016.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física 3**: contexto e aplicações: ensino médio. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MARTINI, Glorinha et al. **Conexões com a física**: eletricidade: física do século XXI. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MILLAR, Robin. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.5, n.2, p. 73 – 91, 2003.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de física básica: ótica, relatividade, física quântica. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1998, p. 249-254.

SILVA, P. N.; SILVA, F. C. V.; SIMÕES NETO, J. E. A transposição didática do conteúdo de reações orgânicas. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias** v.10, n.2, p.35–48, 2015.

SILVA, P. N.; SILVA, F. C. V.; SIMÕES NETO, J. E.. A transposição didática do conteúdo de equilíbrio químico molecular. *Acta Scientiae*, v.19, n.6, p.977-995, 2017.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio 3**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2013.