

SIMULADOR COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE FORÇA ELÉTRICA.

Sandra Regina Silva de Souza ¹
Gualberto José Ribeiro de Jesus ²
Cintia Teles de Argôlo ³

RESUMO

Atualmente, é inegável o crescente protagonismo da tecnologia no cotidiano das pessoas, refletindo-se também nos ambientes escolares. No ensino de Física, recursos como simuladores virtuais vêm sendo cada vez mais utilizados por sua praticidade e potencial de tornar conteúdos abstratos mais compreensíveis. Este trabalho relata uma experiência didática desenvolvida com uma turma do 3º ano do ensino médio do Colégio Estadual Silvio Romero, localizado no município de Lagarto - SE, utilizando o simulador virtual “Força e campos eletrostáticos” da plataforma SimuFísica, para abordar o conteúdo de força elétrica, onde é possível observar pelo simulador a interação de cargas elétricas a respeito de força e campos eletrostáticos. A atividade foi orientada pelos princípios da teoria de Vigotski, especialmente o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), associado ao potencial de aprendizagem que o aluno pode atingir com uso de auxílios ou colaboração. A proposta foi dividida em duas etapas: na primeira, houve a exposição teórica do conteúdo com o uso de slides; na segunda, realizada no laboratório de informática da instituição de ensino, os estudantes, organizados em duplas ou trios, resolveram questões elaboradas pela aluna bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), utilizando o simulador como a principal ferramenta de apoio. Durante a atividade, observou-se alto engajamento por parte dos alunos e facilidade na utilização da plataforma. As principais dúvidas surgidas estavam relacionadas à aplicação da fórmula da força elétrica, indicando um desafio de ordem matemática, mas não quanto ao uso do simulador em si. Os resultados apontam que, quando bem planejadas e estruturadas, as simulações computacionais representam uma estratégia eficaz para o ensino de conceitos em Física, favorecendo uma aprendizagem mais ativa e com maior colaboração e interesse por parte dos estudantes.

Palavras-chave: TDICs. Simulação, Força elétrica, Física.

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Sergipe – IFS campus Lagarto, sandra.souza062@academico.ifs.edu.br;

² Mestrando em ensino de Física (MNPEF) pela Universidade Federal de Sergipe - UFS, qual.berto.jesus@hotmail.com;

³ Doutora em Física Aplicada Biomolecular pela Universidade de São Paulo – USP, cintia.argolo@academico.ifs.edu.br.

INTRODUÇÃO

O uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) tem ganhado grande destaque desde o início do século XXI. Com o avanço tecnológico e a popularização da internet, o modelo pedagógico vigente até o final do século XX passou por transformações significativas, permitindo a integração das tecnologias aos processos educacionais. O que antes era essencialmente padronizado, centrado no professor, com foco na transmissão de conhecimento, aprendizado individualizado e aulas expositivas, evoluiu para um modelo de aprendizagem mais interativo, centrado no estudante, com foco na personalização, na colaboração e em aulas mais dinâmicas (Machado, 2016).

Apesar desses avanços, ainda há resistência e/ou obstáculos à adoção de práticas pedagógicas baseadas no uso das TDICs. Segundo Testa *et al.* (2023), três fatores principais explicam essa resistência: o primeiro é a rejeição total às tecnologias digitais, muitas vezes por não fazerem parte do cotidiano dos docentes; o segundo refere-se à falta de conhecimento e familiaridade dos professores com essas tecnologias; e o terceiro diz respeito à ausência de infraestrutura tecnológica nas instituições de ensino.

Em relação às preferências dos estudantes quanto às metodologias de ensino, a pesquisa de Machado (2016) revelou que 63,2% dos alunos demonstraram interesse por simuladores, 60,7% por apostilas digitais, 59,8% por vídeos e 56,4% por apresentações em slides. Diante desse cenário, o objetivo deste artigo é relatar uma experiência didática desenvolvida com uma turma da 3^a série do Ensino Médio do Colégio Estadual Silvio Romero, localizado no município de Lagarto – SE, utilizando o simulador virtual “Força e Campos Eletrostáticos”, da plataforma SimuFísica, para abordar o conteúdo de força elétrica.

METODOLOGIA

A atividade foi realizada no Colégio Estadual Silvio Romero, localizado no centro da cidade de Lagarto-SE. A instituição possui em sua estrutura quadra poliesportiva, laboratório equipado, sala multimídia, biblioteca e laboratório de informática (Secretaria de Estado da Educação do Esporte e da Cultura, [s.d.]). A prática ocorreu na turma do 3º Ano A, composta por cerca de 30 alunos, conduzida por uma bolsista do Programa Institucional de Bolsas de



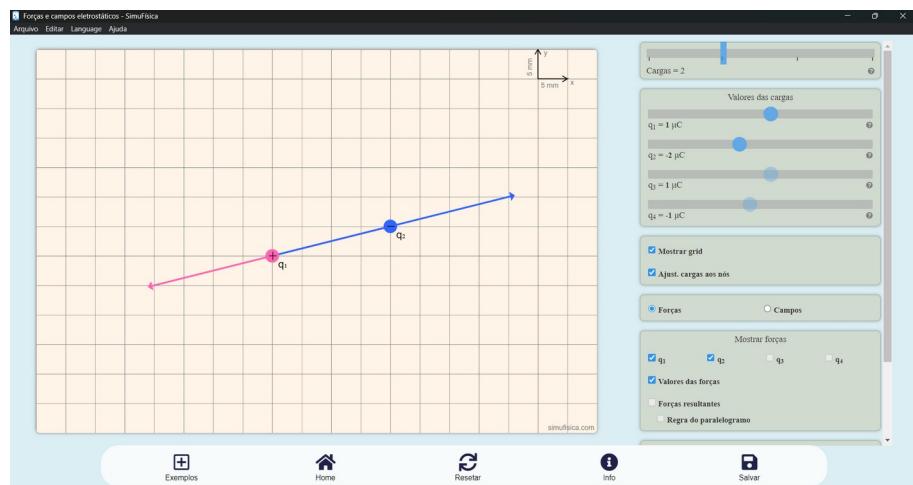


Iniciação à Docência (PIBID) sob supervisão de um docente participante do mesmo programa, ao longo de duas aulas consecutivas (1h40m) no laboratório de informática. Ressalta-se que a proposta teve caráter qualitativo, voltada para observar e analisar o envolvimento dos estudantes frente ao uso do recurso didático.

O desenvolvimento da atividade foi organizado em duas etapas. A primeira consistiu em uma aula expositiva com apoio de slides, abordando o tema “Força elétrica” com ênfase na Lei de Coulomb. Nessa fase, foram apresentados desde aspectos históricos do experimento até a formulação matemática, com o auxílio de imagens que facilitaram a compreensão dos estudantes.

A segunda etapa consistiu no uso do simulador virtual SimuFísica, um projeto iniciado em 2020 no Departamento de Física da Universidade Federal de Rondônia. A iniciativa reúne docentes e discentes de diferentes níveis de formação, desde iniciação científica e tecnológica até o mestrado profissional em Ensino de Física, oferecendo uma coleção de aplicativos de simulação voltados tanto à pesquisa quanto ao ensino de Física e outras ciências. Esses aplicativos podem apoiar práticas em sala de aula no Ensino Médio e Superior, sendo divididos em duas categorias principais: simulações, que representam fenômenos físicos, e laboratórios virtuais, que reproduzem dados de experimentos didáticos (POLO, 2020). Para esta atividade, utilizou-se a simulação “Forças e campos eletrostáticos”, escolhida por sua facilidade de acesso — disponível via site, aplicativo para computador e celular, inclusive em modo offline (Figura 01).

Figura 01 – Visualização da tela do simulador utilizado.



Fonte: (POLO, 2025).



Para orientar a prática, foi elaborado um roteiro experimental impresso (Figura 02), contendo instruções de uso do ~~simulador e questões~~ e questões a serem respondidas com seu auxílio. Além de questões qualitativas, incluíram-se exercícios de cálculo para reforçar a aplicação da Lei de Coulomb, permitindo que os alunos observassem as linhas de força no aplicativo e calculassem o módulo da força a partir da distância fornecida pelo simulador, usando os valores de carga sugeridos e ajustados pela bolsista para melhor visualização. Durante a execução da atividade, os estudantes puderam optar em realiza-la sozinho, em dupla ou trios, sendo que a grande maioria optou pelas duplas.

Figura 02 – Roteiro elaborado pela aluna bolsista do PIBID.



| | | | |
|---------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| | Colégio Estadual Silvio Romero | | |
| | Pibidianos: | Sandra Regina S. de Souza | |
| | Disciplina: | Física | |
| | Professor supervisor: | Gualberto José Ribeiro de Jesus | |
| Série: | | Data: | |

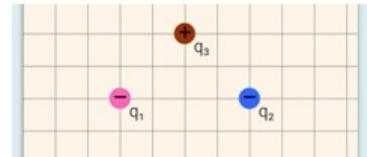


Atividade com o uso do simulador SimuFísica

- 1) Crie duas cargas com valores $q_1 = 2\mu C$ e $q_2 = 4\mu C$ e deixe-as afastadas com 6 quadrinhos de distância (considere que cada 1 vale 5 mm). Baseado nisso responda:
 - a) O que acontece com valor da força elétrica quando afastamos cada vez mais a carga?
 - b) E quando aproximamos?
 - c) Experimente diminuir metade da distância entre as cargas. Quanto que a força elétrica vai sofrer de aumento ou de redução?
- 2) No simulador, ative as opções “**Mostrar grid**”, “**Ajust. Cargas aos nós**” e “**Força**”. Inicialmente mantenha apenas duas cargas no sistema, e responda:
 - a) Sabendo que cada quadrinho do simulador, mede 5mm, calcule a força elétrica, para uma distância de 7 quadrinhos entre as cargas, sendo a primeira carga com $-5\mu C$ e a segunda com $-2\mu C$, como na imagem abaixo. Observando os vetores do simulador, as forças são atrativas ou repulsivas?



- 3) Acrescente mais uma carga ao sistema, com $q_3 = 9\mu C$, de modo que o sistema fique igual a foto abaixo.



- a) Na parte “**mostrar forças**” selecione apenas o q_1 , observe as forças que agem sobre ele e as descreva, em seguida, calcule o valor da força elétrica que age sobre q_1 e q_2 e sobre q_1 e q_3 .
- b) Na parte “**mostrar forças**” selecione apenas o q_2 , observe as forças que agem sobre ele e as descreva, em seguida, calcule o valor da força elétrica que age sobre q_2 e q_1 e sobre q_2 e q_3 .
- c) Na parte “**mostrar forças**” selecione apenas o q_3 , observe as forças que agem sobre ele e a descreva, em seguida, Calcule o valor da força elétrica que age sobre q_3 e q_1 e sobre q_3 e q_2 .

Fonte: Autoria própria, 2025.

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo o psicólogo bielorrusso Vigotski, ao obter um auxílio de um adulto ou pessoa com um nível de conhecimento já consolidado, a criança ou estudante pode realizar tarefas que supere sua capacidade de compreensão. A diferença entre o que pode ser realizado



de forma independente e com o auxílio de outras pessoas é chamado por Vigotski de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Para o psicólogo, a aprendizagem ocorre dentro dos limites dessa zona, “[...] a característica essencial da aprendizagem é que engendra a área de desenvolvimento potencial, ou seja, que faz nascer, estimula e ativa na criança um grupo de processos internos de desenvolvimento no âmbito das inter-relações com outros [...]” (Vigotski, L. S.; Luria, A. R.; Leontiev, A. N. , 2020, p.115) ou seja, a aprendizagem dentro da zona de desenvolvimento proximal provoca no estudante processos mentais que ainda não foram consolidados, como o raciocínios e estratégias de resoluções de problemas, além de que tais processos não ocorrem espontaneamente, há uma necessidade de interações sociais com professores, colegas, familiares, etc. para que ela ocorra.

A medida que o processo de aprendizagem se desenvolve, o que antes era realizado com suporte de outras pessoas, passa a ser realizado de maneira individual pelo estudante, ou seja, o que se iniciou como algo externo e social passa a ser algo interno e autônomo, sendo assim um conhecimento internalizado pelo estudante, “Chamamos de internalização a reconstrução interna de uma operação externa” (Vigotski, 2007, p.56). Tal internalização ocorre via meios auxiliares, como os instrumentos e signos. Vigotski descreve que “[...] a analogia básica entre signo e instrumento repousa na função mediadora que os caracteriza.” (Vigotski, 2007, p.53) dessa forma, ambos possuem como característica a mediação, porém, o signo media a relação do sujeito consigo mesmo, como lembrar, comparar, relatar, escolher, etc. enquanto os instrumentos mediam a ação sobre o mundo material, como uma ferramenta de trabalho. Com relação aos simuladores, cabe citar que:

“Simuladores permitem criar situações experimentais que auxiliam a visualização de um fenômeno. Favorecem a observação de situações temporais de curta ou longa duração, possibilitando a visualização de forma mais concreta dos fenômenos físicos em análise, através de modelos de simulação” (FERREIRA et al., 2021).

Dessa forma, pela interpretação de meios auxiliares descritos por Vigotski, o simulador educacional pode ser compreendido como um instrumento de mediação tecnológica, pois fornece ao estudante recursos para manipular situações e fenômenos em um ambiente virtual. Entretanto, o simulador não atua isoladamente: ao apresentar representações matemáticas, gráficas e visuais, mobiliza também signos que contribuem para a organização do raciocínio e a construção do conhecimento. Assim, ele cumpre uma dupla função, ao mesmo tempo em que opera como instrumento externo, oferece signos que favorecem a internalização de conceitos, situando-se como um recurso privilegiado no processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Jaime e Leonel (2024), as simulações computacionais são ferramentas valiosas no ensino, pois não se limitam a apresentar animações, mas possibilitam a geração e análise de dados que representam situações hipotéticas. Isso contribui para que o aluno desenvolva uma intuição ou conhecimento inicial, essencial para a compreensão de fenômenos físicos. Em seu trabalho, os autores também apontam benefícios do uso de simulações computacionais no ensino de física, como:

- Alto nível de interatividade dos educandos;
- Maior interesse do educando na sala de aula;
- Teste de diversas hipóteses;
- Tornar conceitos abstratos mais concretos;
- Promover habilidades de raciocínio crítico;
- Compreensão mais aprofundada do fenômeno físico.” (Jaime; Leonel, 2024, p. e20230309-3).

Apesar dos benefícios apontados, ressalta-se que, para o sucesso de uma atividade que faça uso de simulações, é necessário que os docentes conheçam bem a ferramenta utilizada e forneçam ao estudante um contexto adequado de aplicação. Dessa forma, evitam-se dificuldades durante o processo de ensino e aprendizagem e a ferramenta pode ser explorada em seu potencial máximo. Para que isso ocorra, é fundamental investir na formação qualificada ou continuada dos docentes, bem como em infraestrutura adequada nas escolas (Jaime; Leonel, 2024).

Um exemplo de aplicação pedagógica significativa do uso desses recursos é o estudo das forças eletromagnéticas, tema essencial da Física que pode ser potencializado por meio de simulações computacionais, permitindo observar comportamentos e interações que, no mundo real, seriam de difícil experimentação em ambiente escolar.

Forças eletromagnéticas se tratam de uma “força de interação (atração ou repulsão) entre corpos possuidores de cargas elétricas e/ou corpos magnetizados” (Yamamoto; Kazuhito, 2016, p. 31). Ao aproximarmos duas cargas, sendo ambas positivas ou negativas, devido a natureza da força elétrica, elas irão se repelir, no caso de serem cargas opostas, uma negativa e outra positiva, elas irão se atrair. Ao considerarmos dois objetos eletricamente carregados com cargas Q_1 e Q_2 , separados a uma distância d , se a distância entre eles for muito maior do que o tamanho dos mesmos, desprezamos as dimensões desses corpos e o consideramos como carga pontual. Sendo a carga pontual “aquela que está atribuída em um objeto cujas dimensões são desprezíveis em comparação com as demais dimensões envolvidas no problema” (Luz; Alvarenga, 2011, p.26).

A experiência realizada por Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), por volta de 1785, denominada como a balança de torção, permitiu-lhe chegar à conclusão de que “A

intensidade da força elétrica entre duas cargas elétricas puntiformes é diretamente proporcional ao produto dos valores das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da medida da distância que as separa" (Yamamoto; Kazuhito, 2016, p. 33). Pode-se descrever matematicamente essa conclusão alcançada por Coulomb pela equação 01.

$$F = K_0 \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \quad (01)$$

Onde K_0 se trata de uma constante de proporcionalidade, chamada de constante eletrostática, com valor determinado empiricamente $K_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$, e unidade força elétrica é dada por C (Coulomb), em homenagem ao cientista Charles Augustin de Coulomb (Yamamoto; Kazuhito, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização da atividade, os alunos demonstraram grande interesse e entusiasmo diante da proposta, especialmente pelo uso do simulador da plataforma SimuFísica como ferramenta de apoio. Apesar de ser a primeira vez que utilizavam esse recurso, não foram observadas dificuldades relacionadas à navegação ou ao uso da interface, o que pode ser atribuído ao fato de o simulador possuir um design intuitivo, didático e acessível, características que facilitam a familiarização mesmo sem instruções prévias. A Figura 03 ilustra um aluno realizando a atividade com o simulador.

Figura 03 – Realização da atividade.



As dúvidas que surgiram ao longo da atividade estiveram majoritariamente relacionadas à resolução dos cálculos matemáticos exigidos, e não ao entendimento do conteúdo físico abordado ou ao funcionamento da plataforma digital. Isso evidencia uma fragilidade dos estudantes na aplicação de conceitos matemáticos — uma dificuldade já recorrente no contexto da educação básica —, mas também reforça que o simulador não foi um obstáculo ao aprendizado; ao contrário, serviu como facilitador da compreensão conceitual.

Outro aspecto relevante observado foi a dinâmica de cooperação entre os alunos. As duplas estabelecidas discutiam entre si os pontos que geravam dúvidas, buscando inicialmente solucionar os impasses de forma colaborativa. A intervenção da bolsista só era solicitada quando ambos os integrantes da dupla não conseguiam chegar a uma solução. Essa postura evidencia a existência de uma Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), conforme proposto por Vigotski (2007). Segundo o autor:

"[...] um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros" (Vigotski, 2007, p. 103).

Nesse sentido, a atividade proporcionou um ambiente de aprendizado colaborativo no qual os alunos, mediados pelo par mais competente (neste caso, o colega ou a bolsista), conseguiram avançar em suas compreensões, mesmo diante de dificuldades individuais.

Ao final da atividade, os estudantes expressaram espontaneamente opiniões positivas sobre a experiência. Comentários como “Professor, traga a gente mais vezes pra cá”, em referência ao uso do laboratório de informática, demonstram o engajamento e o interesse despertado pela proposta. Apesar das dificuldades matemáticas relatadas, percebeu-se que os alunos conseguiram apropriar-se significativamente dos conceitos físicos trabalhados, indicando que a metodologia adotada promoveu uma aprendizagem significativa, ao conectar teoria, prática e tecnologia de forma integrada e motivadora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS





A experiência relatada neste trabalho reforça o potencial das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), em especial dos simuladores virtuais, como recursos pedagógicos eficazes no ensino de Física. A utilização do simulador "Forças e Campos Eletrostáticos", da plataforma SimuFísica, demonstrou ser uma ferramenta acessível, interativa e capaz de tornar conceitos abstratos mais compreensíveis, promovendo uma aprendizagem mais ativa e significativa.

Mesmo sendo a primeira experiência dos alunos com o simulador, não foram observadas dificuldades relacionadas ao seu uso, o que evidencia a eficácia de sua interface intuitiva e didática. As principais barreiras identificadas foram de natureza matemática, especialmente na aplicação da Lei de Coulomb, revelando uma lacuna que extrapola os limites da disciplina de Física e aponta para um desafio mais amplo na formação dos estudantes do ensino médio.

Além disso, a dinâmica colaborativa estabelecida durante a atividade mostrou-se bastante alinhada à proposta vigotskiana da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), na qual o aprendizado se dá por meio da interação social e da mediação de pares ou de figuras mais experientes. Os alunos recorreram majoritariamente à colaboração entre si antes de solicitarem ajuda externa, o que demonstra não apenas autonomia crescente, mas também um ambiente propício ao desenvolvimento cognitivo coletivo.

A aceitação positiva da atividade pelos estudantes, evidenciada pelo interesse, engajamento e *feedbacks* espontâneos, revela que práticas pedagógicas inovadoras, baseadas na integração entre teoria, tecnologia e cooperação, podem contribuir significativamente para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, este estudo destaca a importância de se investir não apenas em recursos tecnológicos, mas também na formação docente e na criação de estratégias didáticas bem estruturadas, que explorem de forma intencional o potencial das TDICs. Quando planejadas de forma criteriosa, tais atividades podem transformar o ambiente escolar em um espaço mais dinâmico, inclusivo e significativo para os estudantes.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas do PIBID, ao Instituto Federal de Sergipe, campus – Lagarto e ao Colégio Estadual Silvio Romero (CESR).



REFERÊNCIAS

- FERREIRA, M. et al. Simuladores digitais no contexto epistemológico de Gagné e Vigotski: uma proposta de intervenção didática sobre eletricidade e circuitos elétricos. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 33, n. 3, p. 75–88, 12 dez. 2021.
- JAIME, D. M.; LEONEL, A. A.. Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20230309, 2024.
- LUZ, A. M. R. da; ALVARENGA, B. **Física Contexto e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2011.
- MACHADO, Silvia Cota. Análise Sobre o Uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (Tdics) no Processo Educacional da Geração Internet. RENOTE, Porto Alegre, v. 14, n. 2, 2016. DOI: 10.22456/1679-1916.70645. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/70645>. Acesso em: 20 set. 2025.
- POLO, M. **SimuFísica - Sobre**. Disponível em: <https://simufisica.com/sobre/>. Acesso em: 26 set. 2025.
- POLO, M. **Forças e campos eletrostáticos - SimuFísica**. Disponível em: <https://simufisica.com/simulacoes/forcas-e-campos-eletrostaticos/>. Acesso em: 26 set. 2025.
- Secretaria de Estado da Educação do Esporte e da Cultura. Disponível em: <https://site.seduc.se.gov.br/redeEstadual/Escuela.asp?cdestrutura=140>. Acesso em: 26 set. 2025.
- TESTA, M. J. et al.. Um olhar para a disciplina curricular Cultura Digital do Novo Ensino Médio: a relação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e o Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230048, 2023.
- VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 16. ed. São Paulo: Ícone, 2020. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 22 set 2025.
- VIGOTSKI, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- YAMAMOTO, Kazuhito; FUKE, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio: volume 3 – eletricidade, física moderna**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

