

ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS UTILIZANDO O SIMULADOR PhET COMO RECURSO METODOLÓGICO

Sharon Dantas da Cunha ¹
Kytéria Sabina Lopes de Figueredo ²

RESUMO

Uso das tecnologias da informação é algo inevitável na área de ensino. Dentre as várias ferramentas existentes, os simuladores merecem destaque e são importantes recursos metodológicos, pois através deles é possível visualizar e compreender o funcionamento de alguns sistemas ou situações, e assim diminuir a abstração dos conteúdos apresentados na sala de aula. Este trabalho propõe a utilizar o simulador PhET como ferramenta de ensino na disciplina de Eletricidade e Magnetismo para auxiliar na compreensão do conteúdo de circuitos elétricos de corrente contínua. A sequência didática investigativa iniciou com a explicação do conteúdo na sala de aula, onde foram abordadas técnicas para resolução de circuitos com uma e duas malhas, e circuitos resistivo-capacitivo. Após a explicação, um roteiro foi entregue, onde cada aluno montou e analisou o funcionamento dos circuitos no simulador PhET. Para personalizar a atividade, os valores dos elementos do circuito são distintos para cada aluno. Quando o circuito foi executado no simulador, a tensão e a corrente de cada elemento foram medidas, e os valores foram comparados aos calculados previamente pelos alunos. Portanto, ao utilizar uma sequência didática, que alia a teoria com a experimentação nos simuladores, foi observado um maior estímulo ao realizar a tarefa, e ao finalizar, a grande maioria considerou o simulador de fácil utilização e que auxiliou na compreensão do conteúdo estudado.

Palavras-chave: Ensino-Aprendizagem, Simuladores, Sequência Didática Investigativa

INTRODUÇÃO

As características individuais de cada indivíduo fazem com que a sua aprendizagem no ambiente de sala de aula seja diferente, e devido a essas particularidades para que o ensino seja “eficiente” é necessário usar estratégias e recursos variados. Apesar das diferenças de aprendizado, ainda é presente nos diferentes níveis de ensino uma forma de ensinar “padrão” que consiste na explicação do conteúdo pelo professor, proposição de vários exercícios domiciliares, e no final de uma unidade/bimestre, a “aprendizagem” dos alunos é “medida” através de uma avaliação com os problemas vistos, propostos ou presentes no livro texto adotado (Ribeiro *et al*, 2019). Nesse tipo de ensino, denominado tradicional, o saber do professor é inquestionável e os alunos são meros receptores do conhecimento, e como consequência da passividade no processo, o aprendizado não é

¹ Professor Doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – RN, sharondantas@ufersa.edu.br;

² Professora Doutora, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA; Programa de Pós-Graduação em Ensino (PPGE-UERN), kyteria.figueredo@ufersa.edu.br;

duradouro (Lacerda e Santos, 2018). Studart (2019) no seu artigo cita uma metáfora de Paulo Freire, que resume bem a forma de ensinar adotada na grande maioria das instituições ensino:

“... o modelo de educação bancária em que os professores agem como se o conhecimento pudesse ser diretamente transmitido de especialistas para alunos que recebem e depositam passivamente o conteúdo da aula, arquivando-o na memória para retirada posterior, comumente na prova”. (Studart, 2019, p. 2).

Em particular na física, essa passividade é antiga no Brasil, e fez com que Richard Phillips Feynman, considerado um dos grandes professores de física e famoso por conseguir explicar qualquer coisa, criticasse essa forma de ensinar na década de 50 do século passado (Martins e Oliveira, 2023). Desta forma, é extremamente importante descartar a dicotomia existente entre ensinar (ato do professor) e aprender (ato do aluno) (Studart, 2019), e a mudança ocorre quando o aluno passa a ser mais ativo dentro e fora da sala de aula, resultando em um aprendizado mais sólido em que o aluno é capaz de coordenar os diferentes conhecimentos para resolver novas situações (Banda e Nzabahimana, 2021).

Utilizar as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) é uma necessidade da sociedade atual, com potencialidade de modificar o processo de ensino e aprendizagem através de um ambiente mais dinâmico e interativo, fazendo com que os alunos fiquem mais motivados e menos entediados (Monteiro, 2016). Uma abordagem bastante utilizada no âmbito das TDIC é o uso de objetos de aprendizagem (OA) que pode ser definido como um recurso digital ou uma metodologia usada na melhoria do aprendizado fazendo este processo mais prazeroso, dinâmico, reflexivo e significativo. Esses objetos incluem recursos digitais como slides interativos, vídeo tutoriais, simulações, jogos educacionais, e jogos de perguntas e respostas on-line, projetados para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem (Diógenes *et al.* (2023)). Embora existam vários OA, o ensino tradicional muitas vezes subestima a plena integração dessas ferramentas inovadoras, e em particular, os simuladores são ferramentas pedagógicas que melhoram o ensino através da integração de tecnologias tornando as aulas mais atrativas em meio aos desafios diários do ensino. Outra observação é que os simuladores possibilitam a manipulação de variáveis e a visualização do comportamento do sistema estudado em tempo real, algo que não seria tão simples de ser visualizado no laboratório tradicional (Banda e Nzabahimana, 2021). A interatividade com o usuário e a rápida visualização faz com que os simuladores se adaptem a geração atual, pois segundo

cientistas o limite máximo de atenção de um jovem brasileiro em uma atividade específica é de 5 a 7 minutos (Selme *et al.*, 2004).

Além do ensino, outro ponto a ser considerado são as avaliações de aprendizado do ensino tradicional, que na maioria dos casos são escritas e realizadas no ambiente de sala de aula. Essas avaliações não conseguem medir o aprendizado de forma condizente e podem produzir falsos resultados, já que priorizam uma aprendizagem mecânica através da memorização de métodos e fórmulas para resolver os problemas propostos, que na maioria das vezes não se conecta com a estrutura cognitiva do aluno (Lacerda e Santos, 2018). Além disso, vários fatores como medo, ansiedade, sentimento de incapacidade, perda de motivação de estudar, frustração devido a notas baixas, e aversão à disciplina influenciam o resultado da avaliação (Leite e Kager, 2009). Apesar desses fatores, a avaliação não pode ser descartada, e se ela for apropriada é possível medir o aprendizado dos alunos, pois através da análise dos resultados obtidos é possível perceber a influência do ensino na construção do conhecimento e na proposição para a obtenção dos resultados satisfatórios (Luckesi, 2011).

Como forma de aliar as TDIC e avaliação de aprendizagem, este trabalho apresenta uma sequência didática investigativa do conteúdo de circuitos elétricos da componente curricular de Eletricidade e Magnetismo ofertada para alunos do ensino superior da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O resultado obtido pelos alunos compôs 30% da nota de uma das unidades no semestre de aplicação, e a sequência aborda problemas adaptados do livro texto para ser utilizado com o simulador PhET (Physics Education Technology) para estudar os circuitos de corrente contínua do tipo resistivo e resistivo capacitivo, onde serão medidos os valores das correntes e tensões nos elementos dos circuitos, e os valores são comparados aos calculadores teoricamente. Ao final do semestre, de maneira voluntária, os alunos avaliaram a sequência através de perguntas objetivas e subjetivas, onde a sequência didática foi avaliada de maneira positiva.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

A geração atual possui grande facilidade em usar as tecnologias, e as TDICS ajudam a inserir as tecnologias dentro e fora da sala de aula. Os OA incluem recursos digitais como slides interativos, vídeo tutoriais, simulações, jogos educacionais, e jogos de perguntas e respostas on-line, projetados para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Existe inúmeros trabalhos que mostram os OA provocam melhorias no

aprendizado no ensino de física, e no trabalho de Ebert et al. (2017), um OA desenvolvido pelos autores ocasionou melhorou a compreensão e ajudou na compreensão de conceitos de Física. Um simulador bastante utilizado nos ambientes educacionais é o PhET, recurso educacional aberto sem fins lucrativos da Universidade do Colorado Boulder, objetivando melhorar a forma como a ciência é ensinada e aprendida utilizando simulações interativas. Banda e Nzabahimana (2021) no seu artigo de revisão analisou 31 artigos da última década sobre a influência deste simulador no aprendizado dos alunos, e o resultado foi uma melhoria significativa na compreensão conceitual dos alunos, além de tornar os alunos mais ativos no seu processo de aprendizagem. Feitosa e Lavor (2020) apresentou uma sequência de ensino investigativa para estudar a circuitos elétricos com auxílio do PhET, e foi observado que 80% dos envolvidos ficaram satisfeitos, e os demais, parcialmente satisfeitos. Além disso, os seus resultados apresentaram bons resultados na prova escrita de avaliação.

METODOLOGIA

No ensino superior, o conteúdo de circuitos elétricos é abordado no componente curricular de eletricidade e magnetismo, física 3, ou equivalente. Geralmente o conteúdo é ensinado em sala de aula, e o aluno resolve diferentes circuitos. No final unidade, ele é avaliado com uma avaliação escrita. Entretanto, é observado que este conteúdo é mais fácil de ser compreendido em um laboratório, porém nem todos estavam cursando a disciplina prática, e a estratégia adotada foi utilizar uma sequência didática investigativa com auxílio do simulador PhET para estudar e analisar os circuitos Resistivos e Resistivos Capacitivos. A sequência iniciou com o professor responsável explicando o conteúdo em sala de aula, e após esse momento, o simulador foi apresentado para os alunos. Nesse momento, alguns circuitos foram montados para explicar o funcionamento e a configuração dos elementos que iriam compor o circuito. Também foi criado um roteiro que continha grande parte do que foi explicação em sala para auxiliar os alunos, pois mesmo o simulador sendo de fácil utilização, a sequência didática seria feita fora do ambiente de sala de aula.

É comum escutar relatos de que os alunos copiam essas atividades um dos outros, ou de soluções disponíveis na internet, e um estratégia é atribuir um caráter individualizado através da mudança de valores numéricos de grandezas físicas utilizadas na atividade (Cunha e Figueredo, 2024). Na sequência proposta neste trabalho, foi

apresentado quatro circuitos no qual parte dos elementos eram distintos para cada um, como pode ser visto na figura 1.

Figura 1: Valores dos elementos dos circuitos para cada questão e alunos distintos.

N	NOME	1				2				3				4						
		$\epsilon_1(V)$	$\epsilon_2(V)$	$r_1(\Omega)$	$r_2(\Omega)$	$R(\Omega)$	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$R_3(\Omega)$	$\epsilon(v)$	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$\epsilon_1(V)$	$\epsilon_2(V)$	$\epsilon_3(V)$	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$R_3(\Omega)$	$C(F)$	$\epsilon(V)$
1		9	3	1	2	10	1	2,2	100	10	10	15	10	2	8	5	10	6	0,1	10
2		9	4	1	2	12	1,2	2,2	101	10	11	15	10	2	8	6	10	6	0,1	10
3		9	5	1	2	14	1,4	2,2	102	10	12	15	10	2	8	7	10	6	0,1	10
4		9	6	1	2	16	1,6	2,2	103	10	13	15	10	2	8	8	10	6	0,1	10
5		9	7	1	2	18	1,8	2,2	104	10	14	15	10	2	8	9	10	6	0,1	10

Fonte: Autor, 2024.

Quando a tabela de valores foi gerada, também foi calculada a expectativa de resposta. Na sequência, os alunos tinham que montar os circuitos propostos no simulador e calcular as correntes e tensão nos elementos. Além disso, eles tinham que enviar uma cópia da tela com os valores de tensão e correntes, que fossem próximos ou iguais aos calculados. O primeiro circuito proposto é de uma malha com duas fontes reais em série e os objetivos eram: calcular e medir a tensão e a corrente no resistor R, e calcular as potências dissipadas no resistor R e nos resistores internos das fontes. Também foi proposto a análise de algumas particularidades do circuito como o valor do resistor R para que a tensão em uma das fontes seja nula, e em qual das fontes isso acontece. Outro questionamento foi o que aconteceria se uma das fontes de tensão for invertida, e o objetivo é que o aluno perceba a influência da polaridade em circuitos com mais de uma fonte de tensão. O segundo circuito é um circuito de losango ou Ponte Wheatstone que se equilibra quando a corrente medida por um amperímetro ou a tensão entre medida entre os pontos centrais é nula, e foi proposto a obtenção das equações e o cálculo da resistência desconhecida que equilibra o circuito. O terceiro circuito é um circuito com duas malhas e duas fontes reais, onde o aluno calcula a tensão e a corrente em cada resistência do circuito, e também foi questionando se a fonte, denominada 2, fosse invertida. O quarto circuito foi um circuito resistivo capacitivo, onde a proposta é que o aluno observe o processo de carga e descarga do capacitor, e comportamento da tensão e corrente.

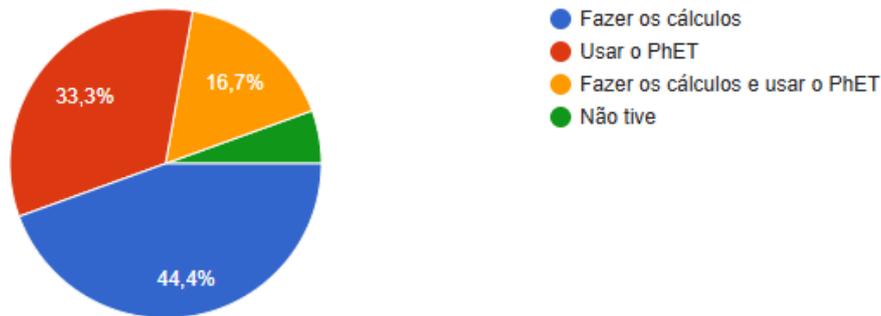
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sequência didática proposta nesse trabalho foi aplicada no semestre 2023.2 e 39 alunos participaram da sua execução, e o rendimento médio foi de 90% de acerto. No final do semestre, o professor da componente passou um formulário no Google Forms para que os alunos avaliassem, de maneira voluntária, a sequência didática e analisar a influência da sequência no aprendizado do conteúdo. O formulário tinha perguntas

objetivas e subjetivas com o propósito de fazer análises quantitativas e qualitativas, bem como propor melhorias. A análise dessa seção corresponderá as respostas obtidas com o formulário no qual participaram 18 alunos.

A primeira pergunta foi: “Qual a dificuldade em realizar a atividade, e caso a opção não estivesse listada, escreva outros”. As opções de respostas e os resultados são apresentados na figura 2.

Figura 2: Gráfico em pizza das porcentagens dos itens escolhidos para a primeira pergunta objetiva.



Fonte: Google Forms, 2024.

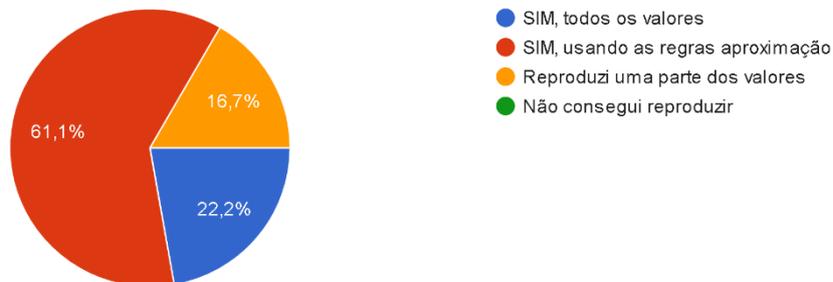
Analisando os resultados, observa-se que 61% dos alunos possuem dificuldades em realizar cálculos, e 50% em usar o PhET. Mesmo os cálculos sendo considerado simples, foi observado durante o semestre que parte da turma tinha dificuldades em realizar algumas manipulações matemáticas, e isto pode estar relacionado ao fato que muitos fizeram o ensino médio de maneira remota.

Para uma análise mais qualitativa das dificuldades em relação ao conteúdo e ao PhET foram feitas as seguintes perguntas: “Escreva as suas dificuldades em relação a teoria de circuitos. Se você NÃO teve dificuldades, pode deixar em branco”, “Escreva as suas dificuldades em relação ao simulador PhET. Se você NÃO teve dificuldades, pode deixar em branco”, e “A explicação disponível no roteiro da atividade ajudou na realização da montagem dos circuitos no PhET”. Para a primeira, nove alunos responderam, e as respostas contemplaram dificuldades na compreensão do conteúdo e interligação dos conhecimentos para analisar novas situações. Uma das respostas foi bem interessante, pois o aluno disse que as dificuldades diminuíram após assistir vídeo aulas na internet. Para a segunda, dos participantes da pesquisa, 61% comentaram sobre as dificuldades em utilizar o PhET, e as dificuldades foram relacionadas a montagem dos circuitos, configurações dos elementos, travamento do simulador, e adaptação as tecnologias. Para a terceira, 83,3% disseram o roteiro ajudou no entendimento da sequência didática, e 16,7% mais ou menos, e não teve resposta negativa.

Foi perguntado “se assistiu a aula no dia da explicação do conteúdo de circuitos”, e 88,9% assistiram a aula sobre a explicação do conteúdo, e analisando os que faltaram, correlacionando com os dados anteriores, ele não expressou dificuldades com o conteúdo, porém teve dificuldades com PhET. Entretanto, expressou de maneira positiva, o roteiro disponibilizado.

Quando a sequência didática foi planejada, a ideia era que o aluno calculasse os valores teóricos de corrente e tensão, e comparasse esses valores com os medidos com o amperímetro e voltímetro do simulador, e para ver a eficiência dessa estratégia, foi proposto a seguinte pergunta objetiva no formulário: “se os valores de corrente e tensão calculados foram iguais ou próximos dos medidos”. A figura 3 mostra os resultados e as opções de respostas dessa pergunta.

Figura 3: Gráfico em pizza das porcentagens dos itens escolhidos para a pergunta “se os valores de corrente e tensão calculados foram iguais ou próximos dos medidos”.

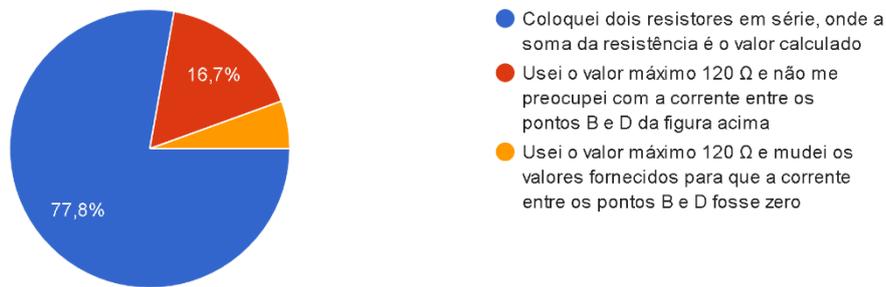


Fonte: Google Forms, 2024.

Analisando os resultados da figura 3 foi observado que a grande maioria conseguiu obter os valores usando regras de aproximação, 22,2% reproduziu parte dos valores, 16,7% reproduziu parte dos valores, e não teve respostas negativas. Esse resultado foi interessante, pois 83,3% conseguiram chegar aos resultados esperados, e assim, cumpriram o que se esperava quando a sequência foi planejada.

Para analisar a compreensão conceitual de resistores em série no item que tratava do circuito ponte de Wheatstone, foi feita a seguinte pergunta: “O valor máximo do resistor do simulador PhET é 120Ω , e no item 3.2, que trata do circuito de losango ou ponte de Wheatstone, os valores esperados para a resistência desconhecida R_x foram maiores que 120Ω . Como você resolveu este problema? Caso opção não esteja listada, escreva em outros”. A figura 4 mostra os resultados e as opções de respostas dessa pergunta.

Figura 4: Gráfico em pizza das porcentagens dos itens escolhidos para a pergunta “O valor máximo do resistor do simulador PhET é $120\ \Omega$, e no item 3.2, que trata do circuito de losango ou ponte de Wheatstone, os valores esperados para a resistência desconhecida R_x foram maiores que $120\ \Omega$. Como você resolveu este problema? Caso opção não esteja listada, escreva em outros”.



Fonte: Google Forms, 2024.

A grande maioria 77,8% colocou dois resistores em série, e 5,5% modificou os valores para que a corrente fosse nula, o que mostra o entendimento do circuito estudado, porém, 16,7% usou o valor máximo fornecido pelo simulador, $120\ \Omega$, e não se preocupou com o valor da corrente, onde provavelmente o erro foi relacionado à compreensão do conteúdo ou do item.

Foi perguntado de maneira subjetiva sobre os pontos positivos e negativos. Em relação positivos, as respostas foram bem interessantes que em resumo elogiava a plataforma PhET e sua facilidade de uso, a experimentação, que mesmo de maneira virtual, facilitava o entendimento teórico, a integração da teoria e prática através das comparações dos valores calculados e medido, e o prazo para fazer a atividade no qual o aluno pode ser programar para fazê-la durante uma semana. Já os pontos negativos, 72,2% comentaram ou deixaram em branco que não tiveram pontos negativo, e as demais respostas estiveram presentes dificuldades no entendimento de conteúdo de circuitos e na realização dos cálculos propostos, e extensão da atividade proposta. Ao final da avaliação da atividade, os alunos atribuíram uma média 8,8, onde a grande maioria atribuiu nota 9 ou 10, dois alunos, nota 7, e um, nota 2. Em particular ao aluno que atribuiu nota mais baixa, o mesmo já tinha expressado em outros momentos que tinha pouca habilidade com o uso das tecnologias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias estão presentes no cotidiano das pessoas, e o seu uso da sala de aula é inevitável. Os objetos de aprendizagem mudam a dinâmica das aulas e ajudam na assimilação dos conteúdos, e inúmeros trabalhos mostram os benefícios que esses objetos

provocam no aprendizado. Em particular, os simuladores, traz uma nova forma de experimentação que pode ser feita, por exemplo, através do aparelho de celular. Além disso, os simuladores é uma ferramenta que diminui a passividade dos alunos ao torná-los mais ativos no seu processo de aprendizagem devido a fácil interação e rápida visualização ao modificar as variáveis físicas da situação a ser analisada.

A sequência didática deste trabalho aliou o conteúdo de circuitos elétricos para alunos do ensino superior com o simulador PhET, um dos mais usados na área de ensino de ciências. A sequência didática foi iniciada com a explicação do conteúdo em sala de aula, e depois foi disponibilizado um roteiro, onde além dos itens a serem resolvidos, possuía explicações de montagem de circuito no PhET. Quatro circuitos de situações típicas do conteúdo foram propostos e a ideia principal é que os cálculos teóricos das variáveis de análise pudessem se confrontados com as mesmas variáveis obtidas nos circuitos montados no simulador. Um caráter individualizado foi fornecido a atividade modificando os valores de tensão e resistência para cada aluno, objetivando a diminuição das cópias, e também foi obrigatório a cópia do circuito montado no simulador. Além do ensino, outro ponto a ser considerado é que a nota obtida foi utilizada em 30% da nota da unidade, diminuindo o peso da avaliação escrita.

Dos 45 alunos matriculados, 39 alunos participaram da sua execução, e o rendimento médio foi de 90% de acerto, e no final do semestre, a sequência didática foi avaliada de maneira voluntária por 18 alunos através de formulário do Google Forms com perguntas objetivas e subjetivas. Dos pontos positivos, destaca-se que 83,3% conseguiram chegar aos resultados numéricos esperados de maneira exata ou por aproximação, a integração ente teoria e prática, através do simulador, e a boa avaliação feita pelos alunos. Portanto, foi observado que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, em particular, os simuladores, modificam a forma de ensinar, aprender e avaliar, motivando o aluno que ao final do processo pode provocar nele um aprendizado mais duradouro.

REFERÊNCIAS

Banda, H. J.; Nzabahimana, J. Effect of integrating physics education technology simulations on students conceptual understanding in physics: A review of literature, **Physical Review Physics Education Research**, v 17 p. 023108, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>. Acesso em: 10 out. 2024.

CUNHA, S. D., Figueredo, K. S. L. Uso da tecnologia para avaliação da aprendizagem singular: avasing. CONEDU - Tecnologias e Educação (Vol. 02). Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/105538>. Acesso em: 15 out. 2024

Diógenes, T. E. F.; Figueredo, K. S. L.; Oliveira, G. F. B. Aprendizagem de Estrutura Atômica a partir do OA - Monte um Átomo: uma análise dos aspectos pedagógicos. **Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química**, v. 4, n. 1, p. 1-20, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.56117/resbenq.2023.v4.e042304> Acesso em: 08 out. 2024.

Ebert, T. I.; Locatelli, B.; Caron, E.; Gasparini, H.; Maman, A. S.; Gonzatti, S. E. M.; Malheiros, M. G. Objetos de aprendizagem como ferramenta de apoio para o ensino de física. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v9i4a2017.1657> Acesso em: 10 out. 2024

Feitosa, M. C., Lavor, O. P. Ensino de circuitos elétricos com auxílio de um simulador do PhET, **Revista REAMEC**, v. 8, n. 1, p. 125-138, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/9014/0> Acesso em: 5 out. 2024

Lacerda, F. C. B.; Santos, L. M. Integralidade na formação do ensino superior: metodologias ativas de aprendizagem **Avaliação (Campinas)**, v. 23, n. 3, p. 611-627, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-40772018000300003> Acesso em: 5 out. 2024

Leite, S. A. S., Kager, S. Efeitos aversivos das práticas de avaliação da aprendizagem escolar, **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**. v. 17, n. 62, p. 109-134, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362009000100006> Acesso em 02 out. 2024.

Luckesi, C. C. **Avaliação da Aprendizagem escola: Estudos e Proposições**. 22 ed. São Paulo: Cortez, 2011

Martins, D. J. S, Oliveira, H. P. O ensino de física avaliado por Richard Feynman em 1952 e os dias atuais: a questão da contextualização, **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 9, e205923, 2023. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/2059> Acesso em 29 set. 2024

Monteiro, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4334> Acesso em 29 set. 2024.

Ribeiro, B. S, Pigosso, L. T., Pastorio, D. P. Implementação de metodologias ativas de ensino em uma turma de física básica: um estudo de caso. **Revista de Enseñanza de la Física**. V. 31, n. 2, p. 31–45, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v31.n2.26954> Acesso em 29 de set. 2024

Selme, R.; Dimenstein, G.; Costa, A. **Escola sem aula**. São Paulo: Papyrus, 2004.

Studart, N. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas, **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/28857> Acesso em 2 out. 2024