sala de aula em foco
REVISTA ELETRÔNICA
ISSN 2316-7297

UM RELATO DE ESTUDO TEÓRICO-EXPERIMENTAL COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA EDUCAÇÃO CTS SOBRE A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A REPORT OF THEORETICAL-EXPERIMENTAL STUDY FROM THE PERSPECTIVE OF CTS EDUCATION ON SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY

JOÃO MAURO DA SILVA JÚNIOR
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
silvajuniorjoaomauro@gmail.com

VILMA REIS TERRA
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
terravilma@gmail.com

Resumo: Tem sido crescente o uso e a demanda pela utilização da energia solar fotovoltaica em nossa sociedade e, por consequência, os estudos sobre este tema se intensificam no ambiente escolar. Nesse sentido, este trabalho tem o objetivo de apresentar um relato de experiência no qual propomos uma atividade teórico-experimental sobre a energia solar fotovoltaica sob a perspectiva da educação CTS, buscando não somente o estudo dos conteúdos científicos relacionados ao tema, mas, também, a discussão de aspectos sociocientíficos. O relato apresenta o estudo do tema aliado à construção de um carrinho fotovoltaico utilizando um kit experimental. Este relato foi implementado como parte de uma disciplina eletiva a estudantes do ensino médio de uma escola da rede estadual situada em Vitória, capital do estado do Espírito Santo. As respostas às questões propostas foram analisadas levando-se em conta a apropriação da perspectiva de educacional proposta.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica. Educação CTS. Física Moderna e Contemporânea. Relato de Experiência.

Abstract: *The use and demand for the use of photovoltaic solar energy has been increasing in our society and, consequently, studies on this topic are intensifying in the school environment. In this sense, this work aims to present an experience report in which we propose a theoretical-experimental activity on photovoltaic solar energy from the perspective of STS education, seeking not only the study of scientific content related to the topic, but also the discussion of socio-scientific aspects. The report presents the study of the topic combined with the construction of a photovoltaic cart using an experimental kit. This report was implemented as part of an elective course for high school students at a state school located in Vitória, capital of the state of Espírito Santo. The answers to the proposed questions were analyzed taking into account the appropriation of the proposed educational perspective.*

Keywords: *Photovoltaic Solar Energy. STS Education. Modern and Contemporary Physics. Experience Report.*

sala de aula em foco
REVISTA ELETRÔNICA
ISSN 2316-7297

1 INTRODUÇÃO

Em sala de aula, podemos perceber que, em muitas situações, os objetivos de estudantes e professores divergem. Enquanto estes procuram focar no estudo do conhecimento científico com suas leis e fórmulas, os estudantes se interessam mais por questões que estejam associadas e afetem diretamente suas vidas (Zeidler; Nichols, 2009). Dessa forma, entendemos que a educação científica tem passado por necessárias mudanças nas últimas décadas, buscando se desprender de uma perspectiva de ensino tradicional, que é focada em fixar um amontoado de conceitos, leis e fórmulas aplicáveis, quase que exclusivamente, na resolução de alguns exercícios prontos e repetitivos que constam em materiais didáticos, mas que muitas vezes são desconexos da realidade social dos estudantes (Cachapuz *et al*., 2011).

Considera-se, assim, que as práticas desenvolvidas em sala de aula devem ser menos focadas em conteudismos desconexos da realidade dos educandos para se alinharem a questões mais atuais tanto do conhecimento científico, quanto do cotidiano dos estudantes e professores. Nesse contexto de mudanças, as discussões sobre o uso de fontes de energias menos poluentes e renováveis têm permeado nossa sociedade atual e, por consequência, têm se intensificado o estudo delas em sala de aula por diferentes áreas de conhecimento (Oliveira; Palheta; Seabra, 2016).

Um desses tipos de energia renovável é a chamada Energia Solar, sendo uma de suas formas conhecida como energia fotovoltaica, que, considerando o seu uso ser cada vez mais constante pela sociedade, entendemos ser necessário também o aprofundarmos das discussões sobre ela no âmbito escolar, buscando refletir tanto sobre sua aplicação como, também, as consequências sociais deste uso.

Considera-se assim que, a educação científica que tenha como um de seus objetivos a formação de cidadãos não deve se esquivar de problematizar as complexas relações existentes entre o desenvolvimento científico e tecnológico com os mais diversos contextos sociais, tais como cultural, político, econômico e ético (Jesus; Rocha; Porto, 2022).

Tendo essas considerações, o presente artigo tem como objetivo apresentar e discutir uma atividade teórico-experimental sobre a energia solar fotovoltaica, realizada com estudantes do Ensino Médio de uma escola estadual da capital do Espírito Santo – Vitória, sob a perspectiva da educação CTS, buscando a discussão de conhecimento científico relacionado ao tema e os seus aspectos sociocientíficos. Para a realização da atividade foram utilizados kits para montagem de um carrinho movido a energia solar fotovoltaica, adquiridos em um site de compras internacional, considerados de baixo custo e fácil acesso.

2 APORTES TEÓRICOS

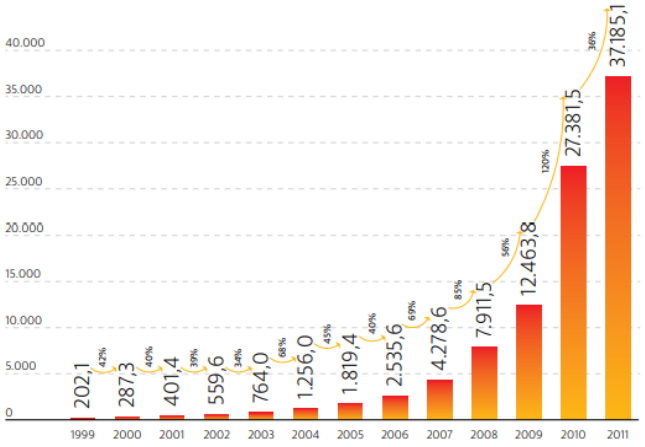
Trazemos nesta seção alguns aportes relacionados à Energia Solar Fotovoltaica, Semicondutores e Ensino de Física Moderna e Contemporânea, e Educação CTS, que nos fundamentaram na construção da proposta apresentada no presente trabalho.

2.1 Energia Solar Fotovoltaica

Na busca de soluções energéticas, diversos países se movimentam para uso daquelas que lhes sejam interessantes, ou melhor, se ajustem melhor à sua organização social, geográfica, econômica, ambiental ou qualquer outra razão pertinente. Assim, entendendo essas necessidades, a produção de células fotovoltaicas tem, a partir dos anos 2000, um crescimento exponencial, como mostra o gráfico exposto na Figura 1.

sala de aula em foco
REVISTA ELETRÔNICA
ISSN 2316-7297

Figura 1: Gráfico da Produção Mundial de Células fotovoltaicas (MW) de 1999 a 2011.



Fonte: Disponível em:

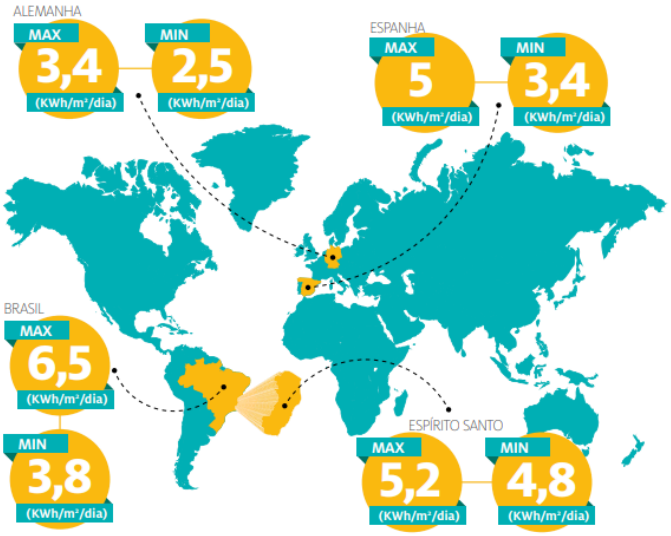
https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2013/EnergiaSolarES.pdf.

No caso do Brasil, país tropical e que recebe intensa radiação solar na maior parte de seu território, boa parte do ano, a energia solar fotovoltaica se apresenta como uma das possibilidades de uso (Santos *et al*., 2024). Estes autores destacam ainda que o Brasil tem um potencial fotovoltaico promissor, mesmo considerando as variações climáticas como, por exemplo, a cobertura das nuvens que pode ser intensificada com as partículas em suspensão no ar. O que pode provocar uma redução significativa da incidência da radiação UV (ultravioleta).

Podemos ter por meio do Atlas Brasileiro de Energia Solar[1] um melhor entendimento do quanto a radiação solar afeta nosso país. Neste Atlas podemos encontrar, por exemplo a informação que "*No local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha*" (Pereira *et al*., 2017, p. 57), mostrando claramente o potencial brasileiro para captação e uso da energia solar. A Figura 2 deixa claro a irradiação solar mínima e máxima essa comparação, mostrando o potencial energético de solar do Brasil em comparação a outros países.

[1] Uma produção do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), subordinado ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: https://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Revisão 01, 19/11/2020, Acesso em: 10 ago. 2024.

Figura 2: Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo.



Fonte: Disponível em:

https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2013/EnergiaSolarES.pdf.

Pela Figura 1 ainda é possível verificar que o Espírito Santo, estado onde se desenvolveu este trabalho, se comparado ao restante do país, recebe uma alta e pouco variável incidência de radiação solar, além de ser maior que a máxima dos países europeus apresentados, o que está em acordo com a afirmação apresentada no parágrafo anterior.

Dessa forma, acreditamos que o tema de estudo proposto, energia solar fotovoltaica, é de extrema relevância para as discussões na sala de aula, considerando uma perspectiva de educação que se proponha a discutir as relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade.

2.2 O Ensino da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio

A Física é uma das áreas da chamada Ciências da Natureza que tem participado diretamente desse progresso científico que temos vivenciado. Com seus conceitos, leis e escopo teórico ela tem sido articulada a outras áreas do conhecimento humano. Nesse sentido, a Física trabalhada nas escolas deveria proporcionar ao aluno muito mais do que conhecer fórmulas ou leis e sua manipulação matemática, mas, também, deve dar condições para ele se aproprie socialmente dessa revolução científica.

Mas como fazer isso se a Física ensinada nas escolas, predominantemente, ainda continua sendo a construída e desenvolvida entre, aproximadamente, 1600 e 1850? Estamos no século XXI e continuamos com práticas de um currículo centrado na Física desenvolvida até o século XIX em nossas escolas, excluindo, assim, o conhecimento produzido por quase dois séculos e que tem sido fundamento de boa parte dessa revolução tecnológica em que estamos envolvidos.

Há algum tempo se tem questionado sobre esse atraso e descompasso do ensino da Física escolar com o mundo atual do aluno, tendo em mente que a Física considerada Moderna e os mais recentes desenvolvimentos da Física Contemporânea não atingiam os estudantes. Ostermann e Moreira (2001) destacaram que mesmo havendo uma tendência nacional e internacional de atualização dos currículos de Física, quase não há trabalhos publicados nessa direção e menor ainda é o número de propostas efetivamente implementadas em sala de aula no sentido dessa atualização curricular. Porém, aos poucos a FMC tem ganhado espaço nos livros didáticos e nas propostas de ensino.

Além dos livros didáticos, propostas de ensino envolvendo temas da FMC têm sido pesquisadas, apresentadas e implementadas em contextos de ensino diversos. Como exemplo, podemos citar Feitosa *et al*. (2020) que propõem utilizar quadrinho e literatura de cordel para ensinar tópicos de Mecânica Quântica, mais especificamente, o trabalho desses autores aborda interpretações básicas das teorias de Planck, Bohr, de Broglie e Schrödinger sobre a estrutura dos átomos. Para o ensino do efeito fotovoltaico, trazemos, como exemplo, o trabalho de Oliveira *et al*. (2020), que propõem a construção de um experimento de baixo custo. Longen; Gonçalves (2022), por sua vez, apresentam uma prática com semicondutores fotoresistivos.

Consideramos que, mesmo com a apresentação de propostas de inserção da FMC no ensino de Física, um argumento ainda muito usado por professores para continuar esse descompasso/defasagem no tempo para não inserção definitiva da FMC em suas aulas durante todo o Ensino Médio é que os estudantes não têm a base necessária para o entendimento e aprendizagem desse conteúdo, considerado mais complexo. Porém, Ostermann; Moreira (2001) destacam que essa percepção de que os estudantes não têm capacidade para aprenderem Física

Contemporânea no ensino médio é um engano, pois a questão está em como abordar esses assuntos.

Contrapondo essas dificuldades, Marques *et al.* (2019), em revisão de literatura sobre o ensino de FMC no Brasil e considerando a década de 2008 a 2018, selecionaram 40 artigos que tratavam do tema. Esses autores, apesar constatarem algumas dificuldades apresentadas por professores para a inclusão da FMC no Ensino Médio, apontam que, mesmo assim, têm sido utilizadas abordagens diversas no ensino-aprendizagem do tema.

Um pouco mais recente, Januário; Hoerning; Massoni (2024) dizem que para as discussões de temáticas mais atuais de FMC um caminho possível é a atualização curricular, o que pode tornar o contribuir para as convergências dos objetivos dos estudantes e professores nas aulas. Além disso, pode proporcionar aos estudantes uma formação científica mais crítica e participativa na sociedade.

2.3 Educação CTS

A perspectiva positivista de uma educação de Ciências Naturais, que é calcada em decorar fórmulas, conceitos ou leis previamente definidas para solução de alguns exercícios repetitivos, tem sido questionada quanto à sua potencialidade da formação do aluno como um cidadão e não somente uma condição para a formação de mão-de-obra.

Por volta do fim da 2ª Guerra Mundial, com o lançamento de bombas atômicas sobre as cidades japonesas e o acirramento da Guerra Fria, dentre outros fatores, começaram a surgir movimentos sociais que questionavam a real capacidade da Ciência e Tecnologia de trazer ou alavancar o bem-estar social. A ideia de uma Ciência neutra e a existência de um suposto código de ética na aplicação do, até então, infalível método científico estavam se provando como inverdades e a sociedade começava a se posicionar como voz em questões que implicassem essas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (Moraes; Araújo, 2012).

Apesar de não ser inicialmente um movimento educacional, não demorou para que a academia começasse a se posicionar sobre essas relações, que se convencionou de se chamar movimento

CTS[2]. Surgido inicialmente no hemisférico norte com tradições Americana e Europeia destacadas, logo foram surgindo programas universitários, políticas públicas e criação de currículos voltados aos ideais desse novo modelo educacional (Bencze *et al*., 2020).

Considerando as diferenças e modelos de sociedades em cada país, começam a aparecer ao redor do mundo modelos ou perspectivas diferentes do que se entende por uma educação calcada nos ideais CTS. Na América Latina, o movimento CTS se relacionava com a competência e o desenvolvimento de políticas públicas em Ciência e Tecnologia necessárias voltadas ao desenvolvimento das nações. Dessa forma, apesar das reflexões sobre as relações CTS terem surgido na América Latina por volta da década de 1970, no Brasil o movimento acadêmico de pesquisa e implantações de programas de estudo e aplicação só surgem por volta dos anos 1980 (Moraes; Araújo, 2012).

Seja qual for a perspectiva que se tenha da implantação de uma educação CTS, todas têm em comum os ideais de uma educação problematizadora e crítica. Nela os estudantes não são mais meros espectadores e receptores de fórmulas, leis e conceitos, deixam de ser apenas depositários do conhecimento, como na educação bancária preconizada por Paulo Freire (2021), para verdadeiros atores durante as aulas. Atuando de forma ativa, problematizadora e crítica.

Queremos dizer, assim, que os estudantes são levados a participar das aulas, seja de forma ativa, atuando diretamente no desenvolvimento das atividades que se mostram problematizadoras em relação a algum tema que afete diretamente a vida e cotidiano dos estudantes, seja, também, de modo crítico ao refletirem sobre o tema e problemática discutidos durante a aula, podendo e devendo se posicionar perante eles (Rosa *et al*., 2024).

3. METODOLOGIA

O estudo relatado neste trabalho é de abordagem qualitativa e natureza interventiva, ou seja, no contexto educacional as pesquisas interventivas têm como objetivo "*compreender a multiplicidade*

[2] Aikenhead (2003) descreve que só em 1982 é que se cunhou o termo CTS, no Segundo Simpósio da IOSTE - Internacional Organization for Science and Technology Education.

de significados e sentidos que marcam as subjetividades dos sujeitos na relação com o social" (Silva *et al*., 2022, p. 3), tendo dentre suas características: a geração de conhecimento prático alternativo/inovador em processos colaborativos, um campo de testes para propostas curriculares, estratégias, assim como a possibilidade de uso de recursos educacionais inovadores (Teixeira; Neto, 2017).

Nosso estudo foi implementado em uma turma de 24 estudantes do Ensino Médio, com idades entre 15 e 19 anos, no município de Vitória, em uma escola da rede estadual do Espírito Santo. O relato de experiência aqui apresentado representa um recorte de um trabalho maior, desenvolvido em uma disciplina eletiva que tinha como tema o estudo da interação da Radiação Solar com a Matéria, problematizando as relações existentes entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade com seus aspectos sociocientíficos.

1ª Etapa da Atividade – Estudo e discussão dos Conceitos Teóricos sobre Semicondutores e Efeito Fotovoltaico

Na primeira etapa da realização do experimento, que teve duração de duas aulas seguidas de 50 cada, foi realizado o estudo do funcionamento de uma célula fotovoltaica. Os estudantes receberam um texto, intitulado "O Efeito Fotovoltaico", com os fundamentos históricos e científicos do surgimento e produção de uma célula fotovoltaica, que é composta de um material semicondutor.

Um material semicondutor, usualmente Silício (Si) e Germânio (Ge), tem características condutivas elétricas que se situam entre os materiais isolantes e condutores. Quando expostos à presença de radiação luminosa ou calor têm a propriedade de mudar o comportamento de sua condutância elétrica e resistência elétrica (Longen; Gonçalves, 2022). Isso se dá devido a um processo que é realizado sobre esses materiais chamado de dopagem. Ele tem por objetivo mudar as propriedades elétricas do material e consiste na introdução de outros átomos, em geral Fósforo (P) e Índio (In) na estrutura cristalina do semicondutor. Essa dopagem pode ser de dois tipos, N ou P.

Na dopagem do tipo N adiciona-se um elemento, como o Fósforo, que possui cinco elétrons em sua camada de valência, fazendo, assim, que surja um elétron livre no material semicondutor, aumentando a condutividade desse material. Já no tipo P, o processo se dá pela adição de um elemento que tenha apenas três elétrons na camada de valência, o Índio, ocorrendo o processo inverso, gerando buracos ou lacunas que se comportam como portadores de carga positiva. Pode-se assim formar uma junção desses material, a chamada *junção P-N*.

Dessa forma, os estudantes foram orientados a proceder a leitura do texto individualmente e após deveriam responder às questões apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: questões discutidas na aula teórica.

Q1 – Quais os materiais utilizados na construção de semicondutores? Por que esses materiais são escolhidos? Como eles são obtidos?
Q2 – Como eles funcionam?
Q3 – A extração, produção ou utilização dos materiais semicondutores trazem algum tipo de poluição ou prejuízo biológico, ambiental, físico ou social?
Q4 – Se considerarmos que o Sol é nossa maior fonte de energia e de maior e mais fácil disponibilidade, a utilização da energia solar fotovoltaica seria a solução dos problemas de produção e consumo de energia em nossas cidades?
Q5 – Na sua visão, por qual(ais) motivo(s) não utilizamos a energia fotovoltaica com mais intensidade/frequência em nossas casas ou sociedade?
Q6 – Considerando sua resposta anterior, quais ações da sociedade seriam possíveis ou necessárias para a utilização mais frequente da energia fotovoltaica?

Fonte: Autoria própria

Após esse tempo de leitura e respostas às questões, a turma foi reunida e demos início à discussão das questões. O objetivo das questões Q1 e Q2 era observar se os estudantes tinham entendido e se apropriado do conhecimento científico contido no texto. As questões Q3 a Q6, de cunho de temas sociocientíficos, tinham como objetivo fazer os estudantes refletirem e discutirem sobre a

relação da produção e uso do material semicondutor com seus cotidianos e, também, da sociedade. Buscando problematizar e discutir criticamente as relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

2ª Etapa da Atividade – Montagem prática de um carrinho movido a Energia Solar Fotovoltaica

Nesta etapa, realizada na semana seguinte, também com duração de duas aulas seguidas de 50 minutos cada, realizamos a prática de construção e utilização de um carrinho movido a Energia Solar Fotovoltaica. Foram comprados oito kits para montagem dos carrinhos em um site de venda internacional, ao custo[3] aproximado de R$ 15,00 cada. Os estudantes foram divididos em grupos de três ou quatro participantes e cada grupo recebeu, além de um kit de montagem, um roteiro contendo todas as orientações de montagem do carrinho, Figura 3, contendo o material necessário à construção do carrinho. O material está listado no Quadro 2.

Quadro 2: lista de materiais utilizados para construção do carrinho.

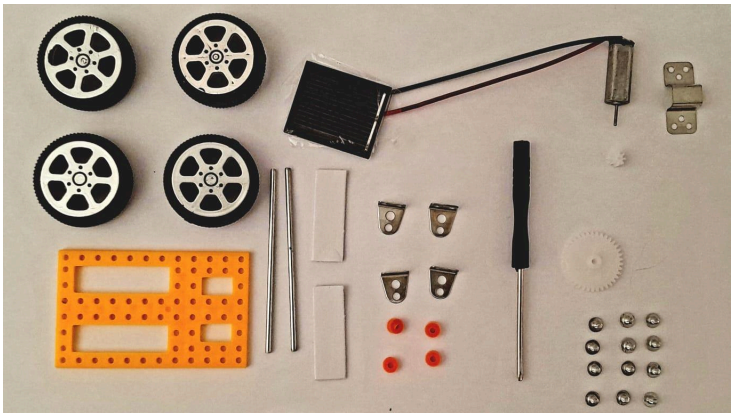
- 1 chave do tipo “phillips”
- 1 base (chassi) de plástico
- 1 engrenagem
- 1 painel solar monocristalino (~2 volts)
- 1 motor (~2 volts)
- 1 cantoneira em U para fixação do motor
- 12 parafusos de fixação
- 2 eixos
- 4 anilhas
- 4 cantoneiras em L, pequenas
- 4 rodas
- fita adesiva dupla-face

Fonte: Autoria própria.

Como primeiro passo para montagem do carrinho foi pedido aos estudantes que conferissem todas as peças, para saber se não faltava ou alguma outra estava defeituosa.

[3] Valor médio obtido em 15/01/2023.

Figura 3: materiais separados para montagem do carrinho.



Fonte: autoria própria.

Nesse encontro os estudantes foram levados para o pátio da escola para montagem do carrinho, com o roteiro em mãos e orientação do professor. O procedimento deveria ser realizado em etapas orientadas pelo roteiro entregue e pelo professor. Na Figuras 4 vemos uma estudante montando a base do carrinho.

Figura 4: aluna montando a base do carrinho.

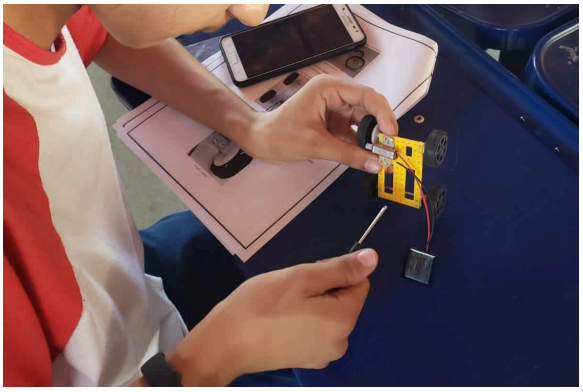


Fonte: autoria própria.

Na Figura 5 apresentamos um carrinho quase pronto, em estágio final de montagem. O estudante está fixando o pequeno motor na base para depois fixar a plaquinha fotovoltaica que

acompanhava o kit.

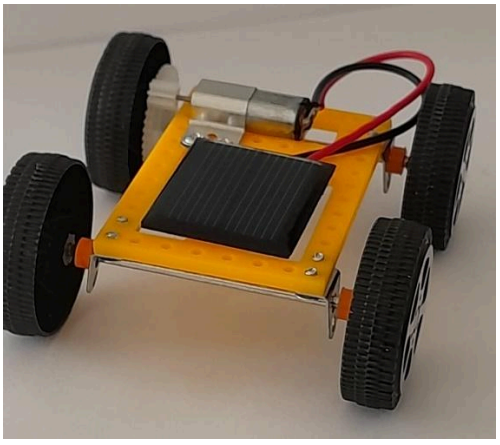
Figura 5: estudante com carrinho parcialmente montado.



Fonte: autoria própria.

Assim que o grupo terminava a etapa de montagem, a aparência final do carrinho deveria ser como representada na Figura 6.

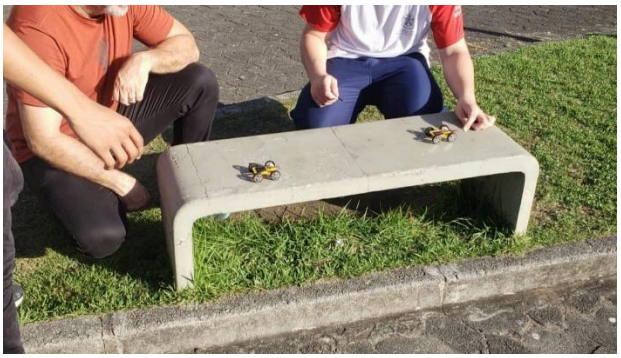
Figura 6: carrinho com montagem completa.



Fonte: Autoria própria.

Com o carrinho montado o grupo teve a oportunidade de fazer os testes de funcionamento, analisando junto ao professor, Figura 7.

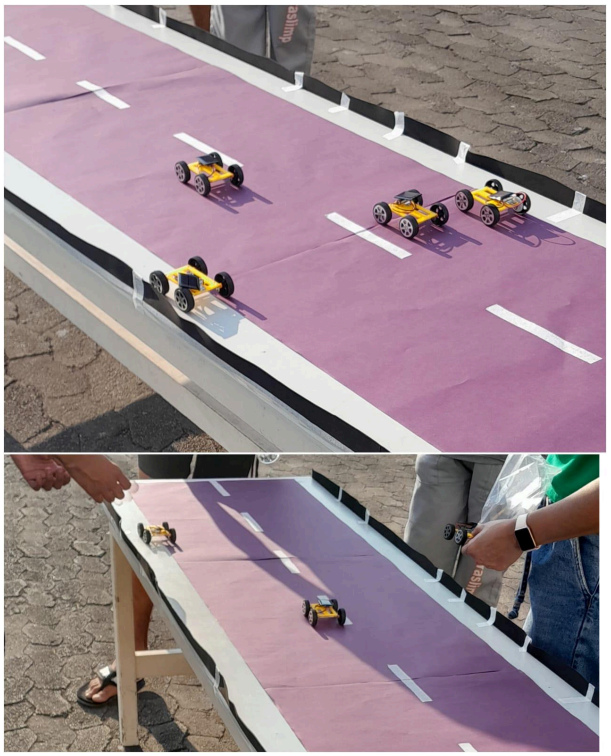
Figura 7: estudante e professor testando o funcionamento do carrinho.



Fonte: autoria própria.

Caso fosse necessária alguma correção ou ajuste, o grupo se reunião para resolver a questão, sempre orientados pelo professor. Após os ajustes, propomos aos estudantes a realização de uma corrida com os carrinhos, sobre uma pista feita sobre uma mesa, Figura 8.

Figura 8: Pista e carrinhos participando da corrida.



Fonte: autoria própria.

Para finalizar a atividade, cada grupo deveria se reunir para responder às questões apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3: questões discutidas após a montagem do carrinho
Fonte: autoria própria.

Q7 – Quando o carrinho foi posto em teste de funcionamento, quais foram as variáveis importantes ou necessárias para o carrinho se movimentar? Q8 – Quais os processos de transformação de energia estão envolvidos no experimento? Q9 – Os carros movidos a Energia Solar seriam a solução definitiva para os problemas que os combustíveis fósseis produzem?

Q10 – Além de placas solares de uso residencial, comercial ou em carros, existe alguma outra utilização?

Essas questões orientaram as discussões no momento experimental. Após a montagem e teste do carrinho, com objetivo de discutir sobre as variáveis que influenciaram o funcionamento do carrinho e problematizar, novamente, e refletir sobre como tem acontecido o uso direto e/ou indireto da energia solar fotovoltaica pelos estudantes. Assim como na etapa anterior, separamos as questões em: Q7 e Q8, questões propostas foram formuladas seguindo os princípios da discussão dos conceitos científicos envolvidos no trabalho e Q9 e Q10, problematização sobre o uso ou aplicação da energia solar fotovoltaica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades experimentais em aulas de Ciências Naturais, em particular na Física, tendem a despertar nos estudantes um interesse de participação nas aulas, podendo ser potencializadoras do aprendizado do aluno, pois estimulam o estudante a fazer parte do seu processo de aprendizagem (Castelan; Rinaldi, 2018). Em uma perspectiva de Educação CTS, essa participação ativa dos estudantes se constitui em um dos seus pilares: o estudante deve fazer parte do processo educacional para sua formação científica e cidadã.

Em nosso relato de experiência, atuamos em duas frentes: 1 – proposição de questões na perspectiva da educação CTS e 2 – realização de um experimento que relacionasse as questões à perspectiva educacional proposta. As questões foram propostas com a finalidade de que, junto ao texto inicial e o experimento, o estudante pudesse exercer sua participação de forma ativa e crítica, ou melhor, que ele não seguisse apenas um roteiro pré-determinado pelo professor, mas, sim, buscasse refletir sobre o tema trabalhado para que se entendesse parte do seu processo de construção do conhecimento. Nesse sentido, queremos tecer alguns comentários e análises sobre as respostas dos estudantes às questões apresentadas nos Quadros 1 e 3.

4.1 Análise das respostas das Questões do Quadro 1

Para responderem às questões Q1 e Q2, os estudantes puderam, se necessário, utilizar seus *smartphones* para acessar a Internet e pesquisar. Algumas respostas para a Q1 estão apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4: Respostas dos estudantes para a questão Q1.

Respostas à questão Q1
A1: "*O silício e o Germânio são os mais utilizados. O silício é obtido através da redução silicar, por ação do carbono*".
A2: "*São feitos de elementos puros, normalmente utilizam silício*".
A3: "*Um material bastante usado é o silício, apresenta-se normalmente como areia, o silício é conseguido de métodos adequados de forma para a purificação*".

Fonte: autoria própria.

Pelas respostas apresentadas no Quadro 4, o professor pode observar que elas eram foram copiadas diretamente da Internet, assim como a grande dificuldade que os estudantes tiveram para responder à questão Q2, sendo que uma boa parte dos estudantes deixou em branco essa reposta ou escrevia: "*Não sei*".

Consideramos que nosso enfoque de trabalho foi pensado e desenvolvido na perspectiva da educação CTS. Ela proporciona ao professor a possibilidade de detectar os conhecimentos prévios dos alunos e dificuldades de aprendizagem que possam estar ocorrendo quanto à proposta de

ensino, o que pode auxiliar o professor na dinâmica da construção dos conhecimentos científicos pelos alunos (Rodrigues; Oliveira; Guerra, 2024). Com essas percepções e baseado nas respostas dos alunos, procedeu-se com toda a turma uma aula expositiva e dialogada em que discutimos melhor quais elementos são usados em materiais semicondutores, como eles são fabricados, o processo chamado dopagem e como esses materiais funcionavam, em particular as células fotovoltaicas. Nesse processo, nossa base foi o texto utilizado na primeira etapa de trabalho.

Nas questões Q3 a Q6, os estudantes precisaram se posicionar criticamente para respondê-las, o que gerou respostas diversas ou controversas, característica quando se trabalha com questões ou temas sociocientíficos (Dionor *et al*., 2020). Assim, em Q3, por exemplo, houve estudantes que se entenderam que a poluição ou prejuízos biológicos, ambientais e sociais são mínimos ou nenhum, como: "*provavelmente traz prejuízos mínimos*"; "*Acredito que não. Por serem materiais recicláveis acho que não prejudique nem no terreno e muito menos socialmente*". Por outro lado, houve estudantes que entenderam que sim, citaram que ocorrem prejuízos como: "*a poluição química, extração de recursos naturais, descarte inadequado de resíduos, consumo excessivo de água, emissão de gases poluentes e impactos sociais negativos*".

Na questão Q4 a maior parte dos estudantes entendeu que sim, o uso da energia fotovoltaica seria a solução energética, sendo que alguns estudantes se posicionaram mais cautelosos, dizendo que há uma dependência de alguns outros fatores, mas não citaram quais seriam estes. Porém, alguns destacaram pontos interessantes, como: "*custo-benefício e eficiência*", fator econômico; "*se não tivermos tantos impostos em relação a utilização dessa energia, seria um fator favorável",* aqui entendemos que além do fator econômico há a questão política.

Em relação à questão Q5, detectamos que os estudantes entendem que há três fatores principais apresentados no Quadro 5: o geográfico, o político e o econômico, tendo um predomínio deste.

Quadro 5: Respostas dos estudantes para a questão Q5.

Respostas à questão Q5	Fatores
A1: "*Por ser cara e mais disponível para pessoas de classe média para cima".*	Econômico
A2: "*Por conta da localidade da cidade, já que não é e, todo local que daria para se ter esse tipo de energia, e, também, por conta do custo-benefício".*	Geográfico, econômico
A3: "*Falta de investimento do governo, preços altos".*	Político, econômico
A4: "*Falta de investimento do governo, altos valores e falta de educação sobre a energia".*	Político, econômico e socioeducacional
A5*: "Custos iniciais altos, falta de espaço adequado, ausência de incentivos governamentais".*	Econômico, geográfico e político

Fonte: autoria própria.

Na última questão, Q6, da primeira etapa de estudo, os estudantes voltaram a citar os fatores econômicos e políticos que seriam importantes para o maior uso da energia fotovoltaica, como a redução de custos e impostos e campanha de incentivo de uso feita pelo governo. Porém, observamos que alguns estudantes destacaram a importância da mão-de-obra qualificada, podendo indicar que há um percepção dos estudantes que ainda falta uma melhor formação técnico-educacional para o uso desse tipo de energia.

Essas visões ou percepções diferentes sobre as questões são esperadas quando trabalhamos temas sociocientíficos, pois a discussões sobre eles deve abarcar esses diferentes olhares dos alunos e, nesse sentido, proporcionar não somente uma discussão sobre o tema, mas, também, uma construção coletiva do conhecimento sobre o tema. Não somente isso, como característica das questões sociocientíficas temos a sua temática envolvendo não somente conhecimentos científicos, elas também envolvem a discussão sobre outras áreas do conhecimento humano (Santos; Mortimer, 2009; Dionor *et al*., 2020).

Em nosso estudo relatado, os alunos deixam claro suas percepções que há questões econômicas, políticas, geográficas e educacionais envolvidas na análise e respostas das questões. Sendo assim, os alunos ao pensarem criticamente sobre o tema, tiveram a possibilidade de analisar, sintetizar e avaliar as informações discutidas ou pensadas, proporcionando a eles um engajamento epistemológico sobre questões científicas e tecnológicas em contextos sociais (Bencze *et al*., 2020).

4.2 Análise das respostas das Questões do Quadro 3

Nas questões propostas Q7 a Q10 temos duas perspectivas: Q7 e Q8 foram direcionadas às questões dos conhecimentos científicos físicos envolvidos no funcionamento do carrinho – as transformações de energia do processo. Essas questões englobam a perspectiva CTS defendida por Ainkenhead (1994), qual seja, o da tecnologia apresentada em função dos conteúdos científicos envolvidos no processo. Já nas questões Q9 e Q10, ainda segundo Aikenhead (1994), nos guiamos segundo a visão da tecnologia relacionada ao tema social.

Para a questão Q7, os estudantes, em sua maioria, responderam que o Sol seria a variável mais importante, algo meio óbvio se considerarmos que eles construíam um carrinho movido a energia solar fotovoltaica. Também podem ter partido da percepção que, durante o teste dos carrinhos, ao fazer sombra sobre a plaquinha fotovoltaica o movimento do carrinho cessava. Porém, nessa mesma questão, alguns estudantes conseguiram perceber outros fatores importantes, tais como:a) o tipo de terreno no qual o carrinho se movimentava – foi testado o movimento do carrinho em diversas superfícies, banco de concreto, chão da escola de paralelepípedo, e pista sobre uma mesa lisa;

b) a inclinação da placa em relação à radiação solar – dependendo da inclinação e posicionamento da placa em relação ao Sol, o carrinho se movimentava mais ou menos rápido, indicando a importância desse fator;

c) a placa fotovoltaica – como a placa vem pronta junto ao kit, os estudantes perceberam que o movimento do carrinho era também limitado pela potência dessa placa.

Quanto à questão Q8, as respostas dos estudantes indicaram que a maioria entendeu a transformação de energia solar para a elétrica por meio da plaquinha fotovoltaica. Alguns estudantes conseguiram entender o ciclo de transformação de energia mais completo, como sendo de energia solar para energia elétrica e, por fim energia mecânica, ou cinética. Outros apresentaram como resposta a transformação de energia solar em mecânica, diretamente. Houve ainda estudantes que responderam que a transformação de energia envolvida se relacionava com

a energia térmica, confundindo a captação da energia solar térmica com a luminosa, envolvida no processo de construção e movimento do carrinho. Destacamos que em todas essas situações, o professor esteve acompanhando, discutindo com os alunos as transformações de energia envolvidas no processos.

Para a questão Q9, muitos estudantes consideraram boa a substituição dos combustíveis fósseis pela energia solar, existindo algumas ressalvas apontadas por eles. No Quadro 6 podemos ver algumas respostas dadas pelos estudantes.

Quadro 6: Respostas dos estudantes para a questão Q9.

Repostas à questão Q9
A1: "*Irá diminuir bastante a poluição e menos exploração".*
A2: "*Sim, porque não tem poluição".*
A3: "*Sim, não precisaríamos mais do petróleo e sim somente da energia elétrica".*
A4: "*Sim, mas seria um custo alto para fazer a manutenção, já temos carros que rodam a energia solar".*
A5: "*Sim, vai diminuir muito a poluição e o gasto com exploração e produção".*
A6: "*Iria reduzir danos ambientais, é um combustível renovável".*
A7: "*Talvez, já que não são o único uso dos combustíveis fósseis".*

Fonte: autoria própria.

Destacam-se, ao analisarmos no Quadro 6, as respostas dos estudantes para a questão, que a maioria deles entenderam que seria possível uma diminuição nos níveis de poluição e custos de exploração. Destacamos o aluno A7 que conseguiu entender uma complexidade maior do assunto, considerou outros fatores já que não são apenas os carros que se utilizam de combustíveis fósseis.

Na Q10 procuramos expandir a questão da energia solar fotovoltaica para outras situações para além das mais comuns, que são o uso das placas fotovoltaicas em residências, comércio ou indústria. Assim os estudantes foram perguntados sobre outras situações além dessas que eles tinham conhecimento de utilização. A reposta mais frequente foi a utilização nos postes de iluminação pública. Mas responderam também que a energia fotovoltaica é usada para

carregamento de dispositivos eletroeletrônicos como calculadoras, celulares e pilhas, sendo também utilizada no bombeamento de água em regiões rurais onde não há sistema de energia elétrica, sendo essa resposta dada por apenas um aluno que não deixou claro de onde tirou ou conhecia essa informação.

Assim, nesse momento de análise, entendemos que os alunos conseguiram observar a relação da tecnologia e seus impactos sociais/ambientais, assim como o entendimento das questões científicas das formas de energia e suas transformações que implicavam o movimento do carrinho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso propósito neste trabalho foi apresentar uma atividade teórico-experimental sobre o tema Energia Solar Fotovoltaica, fundamentada em uma perspectiva de educação CTS. Para alcançar nosso objetivo, desenvolvemos nosso trabalho em duas etapas: 1 – a primeira em sala de aula, buscando formalizar os conhecimentos científicos relacionados ao tema; 2 – etapa prática, com os estudantes divididos em grupos para a construção e teste de um carrinho movido à energia solar fotovoltaica.

Entendemos que nosso objetivo foi alcançado ao analisarmos as respostas obtidas nas questões. Os alunos puderam se posicionar tanto nos aspectos do conhecimento científico envolvido, quanto nas questões tecnológicas e sociais que poderiam estar relacionadas ao estudo do tema (Rosa et al., 2024). Porém, entendemos, também, que se apresentam necessidades de aprofundamento do estudo no ambiente escolar, tanto para aprofundamento das discussões CTS quanto para o uso de atividades que estimulem o estudo de temas atuais da FMC.

Uma possibilidade que poderia ser explorada, mas foi uma limitação que encontramos, é a conexão e inclusão de outras áreas do conhecimento para enriquecimento da proposta apresentada, como é característica da educação CTS e o trabalho de temas ou aspectos sociocientíficos (Santos; Mortimer, 2009; Dionor *et al.*, 2020). Então, compreendemos que outras áreas como a Química ou Geografia e História podem ser incluídas na proposta.

6 REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, Glen. What is STS Teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. **STS Education:** International Perspectives on Reform. New York: Teachers College Press, 1994.

AIKENHEAD, Glen. (Eds.). **STS Education**: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994.

BENCZE, Larry; POULIOT, Chantal; PEDRETTI, Erminia; SIMONNEAUX, Laurence; SIMONNEAUX, Jean; ZEIDLER, Dana. SAQ, SSI and STSE education: defending and extending "science-in-context". Cultural Studies of Science Education. v. 15, p. 825–851, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1678-4634202450271775.

CACHAPUZ, A. F.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.) **A necessária renovação no ensino das ciências**. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CASTELAN, Senilde Solange; RINALDI, Carlos. A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS: CONTRIBUIÇÕES E CONTRAPONTOS. **Experiências em Ensino de Ciências.** v.13, n. 1, p. 306-320, 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID474/v13_n1_a2018.pdf.

DIONOR, Grégory Alves; CONRADO, Dália Melissa; MARTINS, Liziane; NUNES NETO, Nei de Freitas. Análise de propostas de ensino baseadas em QSC: uma revisão da literatura na educação básica. **ALEXANDRIA: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**. v. 13, n. 1, p. 197-224, maio. 2020. DOI: https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v13n1p197.

FEITOSA, Samuel dos Santos; ARAUJO, Khennya Maria; SILVA, Marcelo Souza da; NOBRE, Francisco Augusto Silva. Uma sequência didática utilizando a literatura de cordel e a arte das histórias em quadrinhos para inserção de tópicos de Física Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 662–694, 2020. DOI: 10.5007/2175-7941.2020v37n2p662.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 79ª. ed. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2021.

JANUÁRIO, M. D. de A.; HOERNIG, A. F.; MASSONI, N. T. Tendências atuais sobre o Ensino de Física Moderna: uma revisão de literatura. **Revista Educar Mais**, [S. l.], v. 8, p. 1–22, 2024. DOI: 10.15536/reducarmais.8.2024.3668. Disponível em: https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/3668.

JESUS, Christiany Pratissoli Fernandes de; ROCHA, Sandra Mara Santana; PORTO, Paulo Sérgio da Silva. A educação CTS/CTSA como facilitador do processo de ensino e aprendizagem. **Kiri-kerê: Pesquisa em Ensino.** v. 1, n. 12, 2022. DOI: https://doi.org/10.47456/krkr.v1i12.36308. Acesso: 20 jan. 2025.

LONGEN, Fábio Rogério; GONÇALVES, Edvânio João. Prática experimental no ensino de semicondutores fotorresistivos. **A Física na Escola.** v. 20, n. 1, p. 210807-1- 210807-5, 2022. Disponível em: https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol20-Num1/FnE-20-1-210807.pdf.

MARQUES, Thaynara Carvalho de Farias; MARTINS, Tiago Carvalho; NOVAIS, Andréa de Lina Ferreira; GOMES, Luiz Moreira; PASCHOAL, Cinthia Marques Magalhães; FERNANDES, Cindy Stella;

FERREIRA, Fernanda Carla Lima. Ensino de física moderna e contemporânea na última década: revisão sistemática de literatura. **Scientia Plena**, *[S. l.]*, v. 15, n. 7, 2019. DOI: 10.14808/sci.plena.2019.074809.

MORAES, José Uibson Pereira; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. **O Ensino de Física e o Enfoque CTSA**: Caminhos para uma educação cidadã. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2012.

OLIVEIRA, Endell Menezes.; PALHETA, Giovanni Sampaio; SEABRA, Lídia Brasil. O Ensino de Ciências e Energias Renováveis: Proposta Metodológica do Forno e Fogão Solar. **Ciência e Natura**, *[S. l.]*, v. 39, n. 1, p. 99–107, 2016. DOI: 10.5902/2179460X21449.

OLIVEIRA, Paulo José Pereira de; RODRIGUES JÚNIOR, Edmundo; MADUREIRA, Júlio César; SILVA, Nilson Alves; MARQUES, Fabielle Castelan. Efeito fotovoltaico: Uma proposta de construção de experimento de baixo custo para o Ensino Médio e apresentação de algumas estratégias para o ensino. **A Física na Escola.** v. 18, n. 1, p. 30-35, 2020. Disponível em: http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol18-Num1/FnE-18-1-190903.pdf.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.18, n.2, p.135-151, ago. 2001.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; GONÇALVES, André Rodrigues; COSTA, Rodrigo Santos; LIMA, Francisco José Lopes de; RÜTHER, Ricardo; ABREU, Samuel Luna de; TIEPOLO, Gerson Máximo; PEREIRA, Sílvia Vitorino; SOUZA, Jefferson Gonçalves de. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2ª ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. DOI: http://doi.org/10.34024/978851700089.

RODRIGUES, José Jorge Vale; OLIVEIRA, Eniz Conceição; GUERRA, Cecília. A abordagem ciência-tecnologia-sociedade no ensino da física com enfoque na energia: uma revisão sistemática da literatura. **Educação & Pesquisa**, São Paulo, v. 50, e271775, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1678-4634202450271775.

ROSA, Rafael; GARCIA JÚNIOR, Robison Pimentel; SUANNO, Sérgio Benachio; MOTTA, Fabiola de Abreu Quintino; GARCIA, Ana Raquel Santos de Medeiros; AMADO, Manuella Villar. Conscientização Socioambiental e Educação Científica: A relação entre alagamentos e descarte de resíduos em Cariacica (ES) por meio de uma Sequência Didática. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**. v. 13, n. 3, p.159-172, 2024. DOI: https://doi.org/10.36524/saladeaula.v13i3.3021.

SANTOS, Paula Rose de Araújo; MEDEIROS, Susane Eterna Leite; SILVA, Louise Pereira da; ABRAHÃO, Raphael. Projeções de Radiação Solar Incidente à Superfície e Nebulosidade Para a Região Nordeste do Brasil Através de um Conjunto de Modelos Climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia.** v. 39, e39240036, 2024. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863910036.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. ABORDAGEM DE ASPECTOS SOCIOCIENTÍFICOS EM AULAS DE CIÊNCIAS: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.

SILVA, Daniele Cariolano da; MARTINS JÚNIOR, Francisco Ranulfo Freitas; SILVA, Tatiana Maria Ribeiro; NUNES, João Batista Carvalho. Características de pesquisas qualitativas: **Estudo em teses de um Programa de Pós-Graduação em Educação**. EDUR - Educação em Revista, v. 38, e26895,2022. DOI: 10.1590/0102-469826895.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; NETO, Jorge Megid. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017.

ZEIDLER, Dana; NICHOLS, Bryan. Socioscientific Issues: Theory and Practice. **Journal of Elementary Science Education**. v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009.