

GERAÇÃO E USO DE ENERGIA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL E MECÂNICA QUÂNTICA NO CONTEXTO DO NOVO ENSINO MÉDIO^[1]

Generation and use of sustainable electric energy and quantum mechanics for high schools in the context of the new Brazilian High School

Rayanna Corrêa Cabral [rayannaufpa@gmail.com]

*Polo da Universidade Aberta do Brasil, Professora Tutora de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Pará.
Rua Simplísio de Moraes, Cidade Nova, Igarapé-Miri, Pará*

Silvana Perez [silperez_1972@hotmail.com]

*Doutorado em Física pela Universidade de São Paulo. Professora titular do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará.
Rua Augusto Corrêa 01, Guamá, Belém, Pará*

Recebido em: 01/11/2023

Aceito em: 17/08/2024

Resumo

O presente artigo tem como objetivo apresentar um produto educacional desenvolvido na forma de uma proposta de projeto integrador de 60 horas para o Novo Ensino Médio que busca abordar a geração de energia elétrica de maneira sustentável, relacionando de maneira contextualizada conteúdos de Mecânica Quântica e Eletromagnetismo com a discussão da matrizes energética e elétrica brasileira. O projeto foi desenhado de acordo com a metodologia didática da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e enfoque STEAM, com o uso de experimentos de Física, simuladores e produção de um artefato como projeto final. Esse material é fruto de uma pesquisa translacional realizada durante o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, e sua implementação em sala de aula ocorreu em dois espaços: com uma turma de ensino médio de Educação de Jovens e Adultos da rede pública de ensino da cidade de Igarapé-Miri, interior do estado do Pará; com duas turmas de calouros de licenciatura em Física – EAD da Universidade Federal do Pará. Os resultados foram promissores nos dois cenários de implementação, no decorrer do processo de aprendizagem foram observados indícios de desenvolvimento de competências e habilidades associadas com o letramento científico e de engenharia.

Palavras-chave: Matriz Energética; Aprendizagem Baseada em Projetos; Mecânica Quântica; Circuitos Elétricos; STEAM.

Abstract

This article aims to present an educational product developed in the form of a proposal for a 60-hour integrative project for the New High School that seeks to approach the generation of electric energy in a sustainable way, contextually relating contents of Quantum Mechanics and Electromagnetism with the discussion of the Brazilian energy and electricity matrices. The project was designed according to the didactic methodology of Project-Based Learning (PBL) and the STEAM approach, using physics experiments, simulators and the production of an artifact as a final project. This material is the result of a translational research carried out during the National Professional Master's Degree in Physics Teaching, and its implementation in the classroom took place in two spaces: with a high school class of Youth and Adult Education

from the city's public school from Igarapé-Miri, in the interior of the state of Pará; with two classes of physics teachers formation students of the Federal University of Pará. The results were promising in both implementation scenarios. During the learning process, signs of development of skills and abilities associated with scientific and engineering literacy were observed.

Keywords: Energetic Matrix; Problem Based Learning; Quantum Mechanics, Electric Circuits; STEAM.

Introdução

Os últimos anos têm sido marcados por mudanças curriculares significativas no cenário brasileiro, onde se observa uma tendência de valorização de temas relacionados com o desenvolvimento sustentável e empreendedorismo, no ensino médio em geral, e, particularmente, no Ensino de Física (BRASIL, 2018).

A Lei nº 13.415/2017 alterou a estrutura do ensino, a inclusão no ensino médio, ampliando sua carga horária e definindo uma nova organização curricular, dividida em uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e em itinerários formativos (IF). A BNCC para o Novo Ensino Médio, dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, concretiza a influência da ciência e da tecnologia no modo de vida da humanidade, e flexibiliza a educação formal nesta etapa, permitindo a estes estudantes a possibilidade de pensar e agir de maneira sustentável em diferentes circunstâncias e problemas da sociedade (BRASIL, 2018).

Já os IF consistem em um conjunto de disciplinas, projetos e núcleos de estudo que implicam na flexibilização do currículo dos estudantes propondo uma formação mais detalhada, com foco em conhecimentos científicos mais valorizados para formar cidadãos críticos capazes de tomar decisões racionais e lógicas para solucionar problemas reais da sociedade (BRASIL, 2018).

Assim, o novo documento reforça o estímulo ao envolvimento crítico e à preocupação com problemas globais como as mudanças climáticas, crises energéticas, diretamente relacionados com os processos de conservação e transformações de energia, assim como os riscos do uso indiscriminado de algumas formas de energia. Nesse contexto, o ensino contextualizado da ciência, atrelado com a discussão dos impactos do uso da tecnologia, passam a ser grandes armas capazes de propor soluções para essas problemáticas existentes no mundo moderno, como também permitem a abertura para novas visões do mundo natural (do macroscópico ao microscópico) (BRASIL, 2000).

Diante disso, o projeto integrador aqui apresentado propõe utilizar o debate sobre os impactos socioambientais e econômicos do setor energético em sala de aula, visando estimular a sensibilidade dos educandos acerca da problemática na busca de soluções inovadoras e auto-sustentáveis para o seu contexto local. Como pano de fundo para essa discussão, conceitos de Física e Matemática são abordados, e habilidades de arte se somam a estes no desenvolvimento do artefato final. O Projeto completo consta como Produto Educacional da dissertação de mestrado de Cabral (2022).

O projeto é dividido em quatro etapas, e usa a conta de energia elétrica familiar como âncora dos trabalhos, para a seguir gradativamente trazer à discussão o espectro eletromagnético emitido por diferentes fontes, efeito fotoelétrico e fotovoltaico e circuitos

elétricos. O artefato final é um protótipo de casa com miniplacas solares e no aprofundamento da discussão, os alunos retomam o tema da âncora do projeto e aprendem a calcular a quantidade de painéis solares necessários para o seu uso familiar.

Geração e uso sustentável de Energia Elétrica

A humanidade utiliza cada vez mais a energia elétrica, sendo hoje considerada uma forma de energia muito valorizada em termos de uso doméstico e industrial em todo o mundo. Em parte, tal movimento se deve à sua capacidade de longo alcance e o fato de poder ser convertida facilmente e de maneira controlada em diversas outras formas de energia (VILALVA, 2012).

O uso da energia elétrica potencializa o conforto no modo de vida moderno, sendo atualmente vista como um recurso socioeconômico para a população, principalmente voltada aos setores industriais, comerciais e de residências (SWISHER & JANNUZZI & REDLINGER, 2018). Nesse sentido, a Agência Internacional de Energia estimou uma previsão de um aumento considerável de consumo energético até 2030 (IEA, 2020).

No entanto, existe uma preocupação referente a uma crescente interferência das distribuidoras energéticas no meio ambiente. Algumas indústrias de energia que fornecem energia elétrica por meio de usinas termoeletricas, movidas a carvão ou a gás, liberam uma quantidade abundante de gases do efeito estufa (como o dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e os perfluorcarbonetos) que corroboram para o aumento da temperatura planetária, e que por sua vez, resulta em mudanças climáticas. Visivelmente, os efeitos das mudanças climáticas no planeta podem ser observados com o aumento significativo das poluições, efeito de secas intensas, aumento de probabilidade de furacões, tufões e variantes, os derretimentos das calotas polares e principalmente o aumento de temperatura planetária (SWISHER, J. JANNUZZI. G. M. REDLINGER R. 2018) .

Para conter essa problemática, nos últimos anos no âmbito internacional, a Organização das Nações Unidas (ONU) procurou estabelecer acordos para incentivar diversos países a minimizarem a produção de gases do efeito estufa, como implementar regulamentações que restringem o consumo de energia visando maior eficiência energética. Assim, em 2015, no Acordo de Paris, o governo brasileiro assinou um documento de Contribuição Nacionalmente Determinada, onde se comprometeu a reduzir 43% a emissão de gases do efeito estufa entre os anos de 2005 até 2030.

Nesse sentido, o Brasil ganhou destaque com sua preocupação com o uso de fontes de energia consideradas renováveis (que produzem menor impacto na emissão de gases do efeito estufa), tendo na sua matriz elétrica em primeiro lugar o uso das hidrelétricas, que representa a energia elétrica produzida pelo movimento das águas por turbinas hidráulicas. Porém, até mesmo as hidroelétricas apresentam desvantagens ambientais, como: o desmatamento de área reservada, produção de metano provocada pela formação das barragens entre outras. Esse fator levou a busca de outras fontes de energia renováveis ainda mais sustentáveis, tal como a energia solar, que tem se mostrado um ótimo fator para desacelerar a emissão de gases do efeito estufa proveniente de fontes de energias poluentes (SWISHER, J. JANNUZZI. G. M. REDLINGER R. 2018)

Energia Solar

Nessa seção é apresentada uma síntese de alguns aspectos do cálculo do número de módulos de painéis solares necessários para produção de energia elétrica. O cálculo detalhado pode ser encontrado na dissertação de uma das autoras deste trabalho (CABRAL, 2022).

A energia solar é uma fonte de energia renovável, que utiliza a tecnologia de painéis solares com células fotovoltaicas, que conseguem utilizar a energia eletromagnética proveniente da luz solar para criar uma tensão elétrica. Quanticamente, esse fenômeno pode ser explicado quando um fóton atinge uma órbita de elétrons do último átomo de um elemento semicondutor presente nos painéis solares (estruturas cristalinas cúbicas, sendo os mais utilizados os semicondutores de germânio e silício), chamados de elétrons de valência, que recebem a energia proveniente dos fótons para serem transferidos entre bandas diferentes no mesmo material provocando uma tensão elétrica (SWANSON, 2009).

O aproveitamento da energia solar pode ser entendido com o uso da grandeza física empregada para quantificar a radiação do Sol que chega à Terra, chamada de irradiância, medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) em W/m^2 . Matematicamente, a irradiância é dada por

$$E = \frac{d\phi}{dA}$$

onde ϕ corresponde ao fluxo de energia radiante e A corresponde à área incidida. Por meio dessa grandeza, pode ser obtida outra grandeza muito importante quando se trata de energia solar que é a insolação e corresponde à energia solar que incide em uma determinada área de superfície plana durante um intervalo de tempo, medida na unidade de Wh/m^2 (watt-hora por metro quadrado) (VILLALVA, 2012). É por meio da insolação que é possível calcular o consumo energético de um sistema fotovoltaico que converte energia solar em energia elétrica para abastecer o consumo de diversas residências que utilizam essa fonte energética.

O cálculo do consumo de energia elétrica que um painel fotovoltaico pode fornecer depende diretamente da intensidade da radiação solar a que as células fotovoltaicas são expostas. Ele é análogo ao cálculo de energia fornecida por qualquer sistema, porém considerando as variáveis relacionadas à insolação e potência de um painel solar. Nele, o valor de energia produzida por um módulo de placa solar (E_p), utilizando o método da corrente máxima do módulo, nas condições padrão de teste de módulo, é dado por:

$$E_p = P_p t \eta,$$

onde t é o tempo de horas diárias de insolação, P_p é a potência da placa e η é o rendimento do módulo (VILLALVA, 2012).

Alternativamente, pode-se reescrever a fórmula acima como:

$$E_p = E_s A_M \eta,$$

sendo E_s a insolação diária e A_M , a área da superfície do módulo. Esse rendimento dos painéis é geralmente fornecido nos dados de fabricação, mas em casos em que essa informação não esteja explícita, é possível ser calculada pela seguinte expressão:

$$\eta = \frac{P_{M\acute{A}X}}{A_p 1000},$$

com $P_{MÁX}$ sendo a potência máxima do painel, que corresponde ao produto entre a tensão máxima $V_{MÁX}$ pela corrente máxima $I_{MÁX}$ e A_p a área do módulo. Já o número 1000 corresponde à taxa de radiação solar padronizada de $1000\text{W}/\text{m}^2$ (VILLALVA, 2012).

Aprendizagem Baseada em Projetos com enfoque STEAM

Como metodologia didática para o desenvolvimento do projeto foi utilizada a ABP com enfoque STEAM.

A ABP é um modelo de ensino diferenciado fortemente incentivado para ser empregado na educação sistemática atual conforme sua adequação na educação, que resultar em altos níveis de desempenho aos alunos envolvimento. Esse modelo educacional consiste em permitir aos estudantes entrarem em confronto com os problemas reais da sociedade que considerem significativos, progressivamente determinados e abordados com intuito de buscar soluções reais para esses problemas (BENDER, 2014). Consiste ainda em elaborar um projeto significativo com etapas específicas, mas sem roteiro pré-definido, que auxiliam no desenvolvimento da sequência dos projetos (BENDER, 2014).

Para dialogar com a ABP buscou-se utilizar o movimento STEAM e corresponde à sigla em inglês que representa a junção das áreas Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. Esse movimento representa um novo modelo de ações didáticas por meio de conhecimentos articulados pela conexão e flexibilidade e voltados para a resolução de problemas sociais em busca de soluções eficientes, acessíveis e autossustentáveis (DUFRANC, VILLAGRÁ, 2018).

O modelo considerado para o desenvolvimento do projeto foi dividido em 4 etapas:

- a) Introdução e planejamento do projeto: inicialmente é apresentada a "âncora" do projeto, que segundo Bender (2014), é entendida como sendo a situação inicial que irá engajar os estudantes no desenvolvimento do projeto, e deve ser escolhida de forma contextualizada com a realidade do estudante. Ela é utilizada também para construir a questão motriz do projeto, que é a espinha dorsal em torno da qual as atividades do projeto são desenvolvidas.
- b) Etapa de investigação: momento em que o conhecimento científico que será utilizado para o desenvolvimento do projeto é aprofundado. No trabalho aqui considerado utiliza-se a estratégia didática do ensino por investigação (CARVALHO, 2018). Com isso, busca-se potencializar o desenvolvimento de habilidades e competências associadas com o letramento científico.
- c) Criação e desenvolvimento de artefatos: momento de articulação ativa para pré-visualização dos artefatos iniciais e avaliação dos protótipos formados (produtos da pesquisa). No trabalho aqui considerado utiliza-se a estratégia didática do "Desenho de projeto de engenharia" (PEREZ e VILLAGRÁ, 2020a; 2020b), buscando desenvolver competências e habilidades associadas com o letramento de engenharia.
- d) Aprofundamento e apresentação final do projeto: momento onde informações adicionais e aprofundamento de questões são discutidos para comunicação dos resultados, na forma de relatórios, feiras e exposição dos produtos desenvolvidos (BENDER, 2014).

Delineamento da pesquisa

O procedimento metodológico da pesquisa consistiu na elaboração de um projeto integrador com carga horária de 60 horas desenhado para ser implementado no contexto do Novo Ensino Médio. A temática considerada foi a da energia sustentável, e foram abordados o comportamento e natureza da radiação eletromagnética em sua interação com a matéria, em particular com tópicos associados com a geração sustentável de energia elétrica. Dessa forma, os conteúdos referentes a essa temática foram: o contexto histórico da espectroscopia; efeitos de interação da radiação da luz com a matéria; efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico e circuitos elétricos. Também foi proposto o desenvolvimento de um artefato, um protótipo de casa com mini papéis solares.

A pesquisa desenvolvida para desenvolvimento do projeto piloto, sua aplicação, análise e apresentação do produto final, na forma de um material didático, utilizou uma abordagem quali-quantitativa. Moreira (2003) argumenta a importância dos aspectos científicos das ciências exatas, medidas e procedimentos estatísticos como também a busca da compreensão do fenômeno social, segundo a perspectiva e contribuição dos atores. Nesse sentido, as abordagens quantitativas devem necessariamente preocupar-se com qualidades, isto é, relacionar os aspectos científicos com a reflexão e análise das qualidades oriundas.

Os registros dos eventos para posterior análise aconteceram por meio de gravações de vídeos, fichas de observação ou de controle, respostas das atividades propostas, observações visuais e fotografias. Tais registros foram analisados quantitativa e qualitativamente, de modo a conduzir a explicações e descrições que procuram responder à questão da pesquisa (MOREIRA, 2003).

O projeto foi desenvolvido com uma turma da segunda etapa da EJA de uma escola pública da cidade de Igarapé-Miri (PA), correspondente ao terceiro ano de ensino médio no turno da noite, tendo ocorrido durante a pandemia da COVID19, de forma presencial respeitando as regras sanitárias do município. Foram realizados 15 encontros presenciais com 4 horas diárias de aula cada, formando uma carga horária total de 60 horas-aulas.

Apresentação do produto educacional

O projeto foi desenvolvido em quatro etapas sequenciais. Cada etapa apresenta características específicas e estão de acordo com a estrutura da ABP, com o enfoque STEAM,

e sua estrutura geral é apresentada na Figura 1.

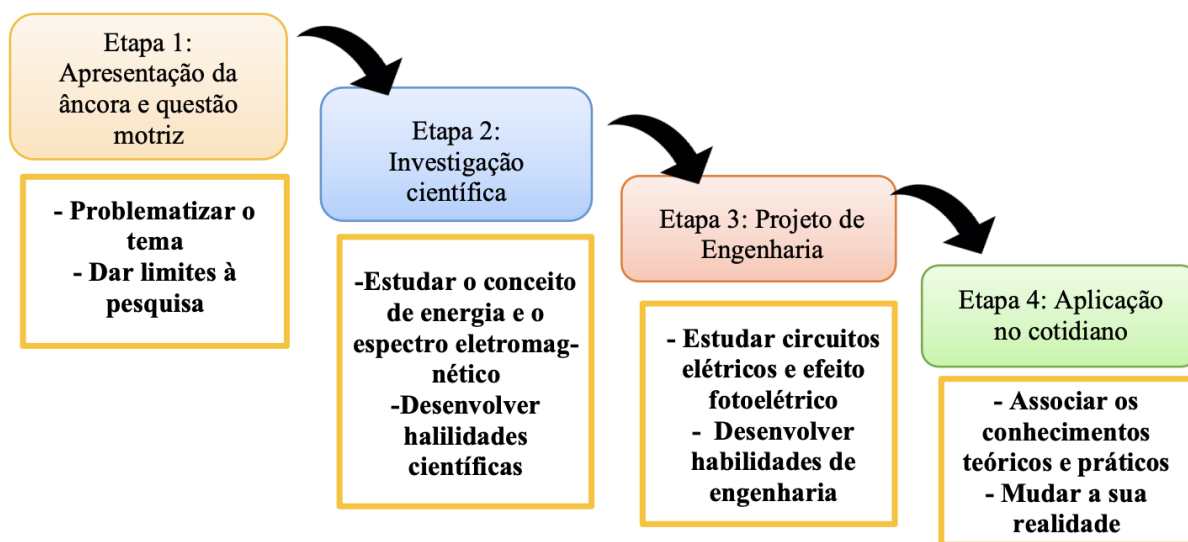


Figura 1: Etapas de desenvolvimento do projeto. Fonte: Cabral (2022)

Na Etapa 1, sobre a introdução e planejamento do projeto sobre geração de energia elétrica sustentável, utiliza-se como âncora da pesquisa a conta de energia elétrica da casa do estudante - a fim de contextualizá-lo e engajá-lo sobre a problemática energética mundial -, bem como materiais multimídia projetados e leituras sobre a matriz energética mundial e nacional. Nesta etapa os estudantes trazem suas contas de energia elétrica e analisam por meio de gráficos, o consumo mensal durante um ano; além disso, buscam informações sobre o consumo dos eletrodomésticos de sua casa e calculam o consumo durante um mês, comparando com o valor encontrado na conta de luz.

A seguir, ocorre um debate inicial, no qual a problemática da geração e uso de energia elétrica sustentável, com a análise das matrizes energéticas e elétricas de diversos países, é considerada.

O objetivo dessa etapa é mediar junto aos estudantes a construção de uma questão motriz semelhante a: “Por que/como mudar a fonte de geração de energia elétrica em minha casa?”

Na Etapa 2, o conhecimento científico relacionado com a temática é abordado, com o uso do ensino por investigação. Pequenas investigações são desenvolvidas, envolvendo pesquisas bibliográficas, experimentos reais e uso de simuladores, nas quais temas como fontes de energia, em particular considerando a energia luminosa proveniente de diferentes fontes, a interação da luz com a matéria, efeito fotoelétrico e fotovoltaico e circuitos elétricos. São construídos espectroscópios caseiros (CABRAL, 2022) e o espectro de radiação emitido por diferentes fontes é estudado, bem como são realizadas montagens de circuitos eletrônicos com materiais de baixo custo.

Na Etapa 3 ocorre o projeto de engenharia, que tem como questão central: “Como aproveitar a energia solar?”. Durante o trabalho é construído um artefato em sala de aula, um

protótipo de uma casinha fotovoltaica, o que permite a manipulação de instrumentos eletrônicos para observar a configuração de um circuito com painéis solares.

A Etapa 4 corresponde ao aprofundamento, tendo como pergunta central: “Posso mudar a fonte de energia elétrica de minha casa?” para obter mais dados para a apresentação final. Nessa etapa, busca-se, além de embasamento prático, também o embasamento teórico para a realização do cálculo de consumo de energia elétrica, para responder à questão: “Quantos painéis solares são necessários para abastecer o consumo de energia da minha residência?”, resgatando assim a questão motriz do projeto como um todo.

Por fim, busca-se realizar a apresentação expositiva dos participantes do projeto, como ação avaliativa para refletir sobre seu desempenho individual e coletivo no desenvolvimento do projeto.

Em cada uma das etapas, fichas do estudante são distribuídas para as equipes, e por meio delas é possível acompanhar o aprendizado dos estudantes. Todas essas fichas podem ser encontradas no Produto Educacional que consta como Apêndice da dissertação de Cabral (2022).

Resultados e Discussão

Nesta seção é apresentada a análise da implementação da proposta na turma de EJA.

A construção da questão norteadora para o projeto partiu da âncora que apresentava alguns fundamentos relacionados com o cenário e contexto real decorrente da questão energética.

Apresenta-se no Quadro 1 abaixo algumas das questões produzidas pelos próprios estudantes nesta etapa.

Porque a energia prejudica a economia e o ambiente?
Como reduzir os impactos da energia?
Como podemos evitar os problemas causados pelo mal uso de energia nas casas?
Qual a solução para diminuir a conta de energia das casas?
Como podemos diminuir a emissão de gases poluentes da atmosfera?
Como devemos diminuir a poluição ambiental da energia?

Quadro 1. Pergunta motriz feita pelos estudantes. Fonte: Cabral (2022).

Com a mediação do professor utilizou-se essas questões para montar uma única pergunta norteadora especificada que resultou na questão motriz: “Porque mudar a geração de energia elétrica da minha casa?”. Isso porque é necessário possibilitar as escolhas dos alunos para tomada de decisões que devem ser conduzidas pelo docente que irá definir os limites da pesquisa (BENDER, 2014).

A análise da “conta de energia residencial”, além de auxiliar na formulação da questão motriz, permitiu aos estudantes construírem gráficos de consumo de energia mensal e reconhecimentos de grandezas físicas (Figura 2).

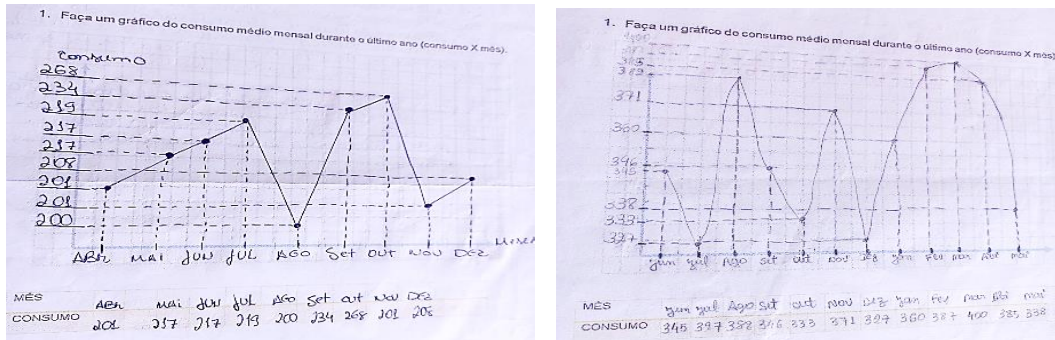


Figura 2: Gráficos do consumo energético da residência dos alunos. Fonte: Cabral (2022).

Desse modo, a construção dos gráficos permitiu observar a percepção matemática dos alunos acerca do tema e o impacto econômico da energia elétrica.

Na etapa de investigação científica, diversas atividades foram propostas aos alunos, a fim de aprofundar o estudos dos conceitos científicos necessários ao desenvolvimento do projeto.

Assim, foi realizada a análise das radiações eletromagnéticas provenientes do Sol e outra fontes de energia luminosa, por meio do desenvolvimento de uma investigação científica experimental, com a construção de espectroscópios caseiros (CABRAL, 2022) para análise do espectro de diferentes fontes e montagem de circuitos eletrônicos simples e com painéis solares para observar o fenômeno de efeito fotovoltaico (CATELLI, F. PEZZINI, S..2002) (FIGURA 03).



Figura 3: Construção e análise dos espectroscópios. Fonte: Cabral (2022).

A análise do espectro da luz observado em lâmpadas incandescentes, fluorescentes e de LED permitiu discutir o conceito de discretização da energia. Os estudantes observaram uma

grande diferença nas análises espectrais de lâmpadas quando notaram que os espectros das lâmpadas fluorescentes apresentavam linhas escuras, diferentes da lâmpada incandescentes que apresentaram espectros contínuos, em particular na interação da radiação com a matéria que permite a visualização das linhas de emissão do vapor de mercúrio das lâmpadas fluorescentes (CARUSO, F. OGURI V.2006). Nessa fase investigativa, habilidades e competências procedimentais relacionadas com a prática científica, são trabalhadas (BENDER, 2014).

Na construção de circuitos eletrônicos, buscou-se observar o domínio prático dos estudantes que puderam evidenciar que, diferente das pilhas, as voltagens dos painéis solares são variáveis, e isso acontece conforme a condições de iluminação em que elas estejam inseridas.

Os estudantes realizaram arranjos de painéis solares em série (ligando-se o positivo de um módulo no negativo do outro módulo) e em paralelo (ligando-se as extremidades positiva de um módulo com a positiva de outro modulo e as negativas desse modulo com a negativa do outro correspondente) para acender os LEDs utilizando um *protoboard* (matriz de contatos para montagem de circuitos) (Figura 4).

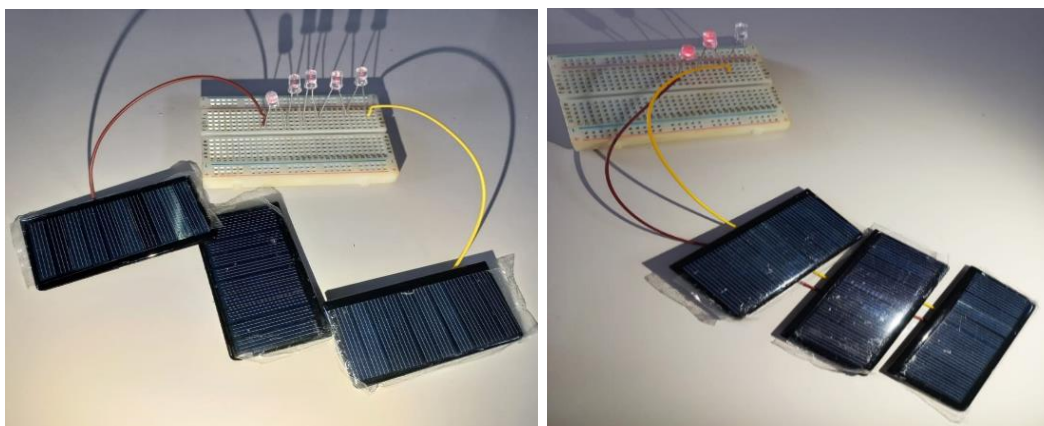


Figura 4: Associação em série e paralelo de mini painéis solares. Fonte: Cabral (2022).

Com a atividade prática utilizando os painéis solares, os alunos buscaram mais informações por meio da pesquisa para compreender os fundamentos físicos teóricos do fenômeno que ocorre em material semicondutores, onde pode-se perceber que os LEDs (diodo emissor de luz, do inglês *Light Emitting Diode*) também são feitos dos elementos de germânio ou silício, que conduz corrente elétrica apenas em uma polarização (anodo positivo e catodo negativo). Dessa forma, também apresentam capacidade de converter energia solar em energia elétrica. Um experimento simples feito com associação de Led's permitiu observar isso (Figura 05).

Esse experimento permitiu mostrar que LED's expostos à radiação solar recebem energia suficiente para ligar um relógio digital, sem utilização de nenhuma fonte de tensão externa. Isso levou a conclusão de que os elementos semicondutores Silício e Germânio que compõem as células solares dos painéis solares são os principais responsáveis pelo fenômeno efeito fotovoltaico utilizado nessa tecnologia.



Figura 5: Painel solar de LED's. Fonte: Cabral (2022).

Na etapa do projeto de engenharia, foram utilizados diferentes materiais didáticos na construção de protótipos de casinha fotovoltaica. Buscou-se nessa etapa dar ênfase no desenvolvendo de habilidades artísticas e de engenharia conforme direcionada no modelo STEAM (Figura 06).



FIGURA 6: Construção dos artefatos de casinhas fotovoltaicas. Fonte: Cabral (2022).

Nesse momento, pôde-se observar que aptidões e habilidades individuais tanto nas artes, quanto de engenharia durante a montagem tecnológica presente no circuito, foram as responsáveis pelas divisões de tarefas entre os estudantes. Segundo Bender (2014, p.49) “conforme os alunos ganham experiência em ensino na ABP, eles também se tornam experientes no trabalho em grupo, pois estão acostumados a planejar atividades em conjunto, a especificar papéis de vários membros do grupo”.

Finalmente, com base em leituras e discussões teóricas sobre o consumo de energia elétrica, os estudantes realizaram cálculos para saber quantos painéis solares são necessários

para abastecer suas residências, utilizando os dados de consumo de energia médio de suas “contas de energia”.

No cálculo os estudantes utilizaram o *site* do CRESECB para obter o valor da insolação diária no município e consideraram hipoteticamente diferentes tipos de painéis solares. Alguns exemplos de cálculos são apresentados na Figura 07.

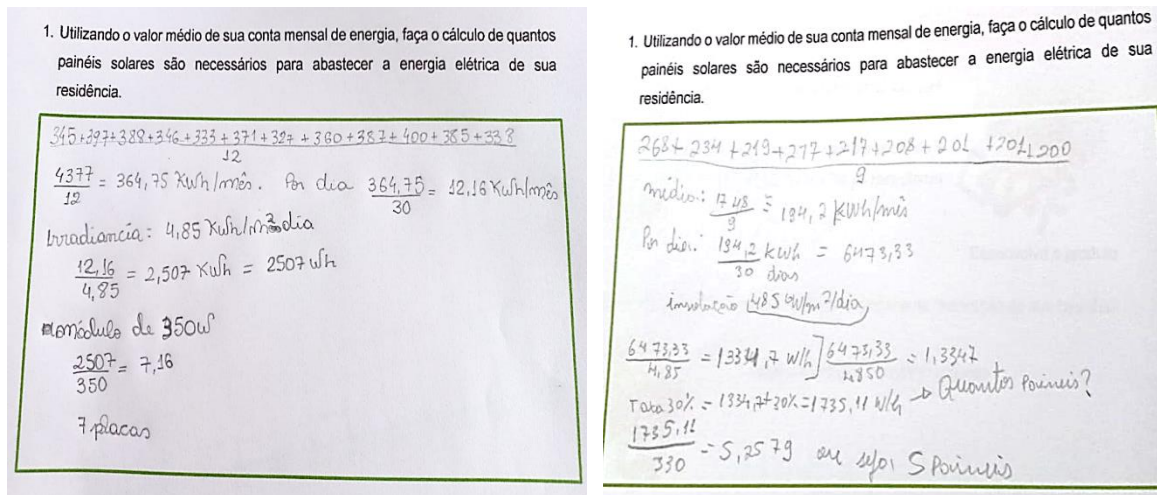


Figura 7: Cálculo do consumo energético em um sistema fotovoltaico realizado pelos estudantes. Fonte: Cabral (2022).

O cálculo consistiu no aprofundamento dos estudantes, que tiveram total autonomia para imaginar o painel solar que gostariam de ter em sua casa e a maneira de solucionar o problema, sendo a tarefa docente facilitar o processo de pesquisa e motivar os estudantes para procurar soluções de problemas reais.

Nessa perspectiva, ao considerar os painéis solares como menos poluentes e mais economicamente viável, contribuindo para reduzir os impactos gerados pelo setor energético no meio ambiente, os estudantes tendem a se ver como agentes contribuinte da sociedade, visando melhorar a realidade onde ele é inserido.

Considerações finais

O projeto integrador aqui apresentado foi desenhado para ser implementado no contexto do Novo Ensino Médio em um itinerário formativo relacionado com Ciências da Natureza e suas Tecnologias, podendo também ser utilizado em disciplinas específicas da formação inicial de professores.

Durante a implementação da proposta com estudantes de EJA, os alunos trabalharam habilidades do modelo educacional da ABP, permitindo o desenvolvimento de sua autonomia, motivação e participação ativa,

Já o enfoque STEAM permitiu aos educandos o aprofundamento de seus

conhecimentos de conceitos e conteúdo específicos de cada uma das componentes curriculares nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática.

A temática de geração e distribuição de energia elétrica trouxe questionamentos pertinentes e um olhar crítico dos estudantes. Os resultados da implementação da proposta indicaram um grande envolvimento dos estudantes no desenvolvimento das atividades, bem como uma melhora no domínio dos conteúdos específicos sobre energia e alguns conceitos de mecânica quântica.

Referências

BENDER, William N. (2014). *Aprendizagens baseadas em projetos: Educação diferenciada para o século XXI*. Porto Alegre: Editora Penso..

BRASIL (2000). Ministério da Educação. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC / SEB.

_____(2018). Ministério de Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC / SEB.

CABRAL, R. (2022). *Geração e uso de energia elétrica sustentável e mecânica quântica: Uma proposta didática para o ensino médio com o uso da Aprendizagem Baseada em Projetos e enfoque STEAM*. Dissertação de Mestrado Nacional e Profissional do Ensino da Física. Universidade Federal do Pará, Belém.

CARVALHO, A. M. P. (2018). *Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação*. Rev. Bras. de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, p. 765-794, 2018.

CARUSO, F. OGURI V. (2006). *Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. Rio de Janeiro: Elsevier.

CATELLI, F. PEZZINI, S.(2002). *Observando Espectros Luminosos: Espectroscópio Portátil*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 2, ago.

CRESESB. *Centro de referência para energias solar e eolica*. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em 10 de abril de 2022.

DUFRANC, I. M. G. VILAGRÁ, J. Á. M. (2018). *Proyectos STEAM para la Educación Primaria: Fundamentos y aplicaciones prácticas*.. Espanha: Editora Dextra.

IEA. *Internacional Energy Agency*. Disponível em: <https://www.iea.org/>. Acesso em: 8 de maio de 2020.

PEREZ, S.; VILLAGRÁ, J. A. M. (2020) *La competencia científica en las actividades de aprendizaje incluidas en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza*. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, v. 17, n. 2, p. 1-18.

PEREZ, S.; VILLAGRÁ, J. A. M. (2009). *La enseñanza de las ciencias por indagación y el diseño ingeniero en educación primaria*. Ápice Revista de Educación científica, v. 5, p.1, 2021.

SWANSON, R. M. (2009). *Photovoltaics. Power: Up*.

SWISHER, J. JANNUZZI. G. M. REDLINGER R. (2018). *Planejamento integrado de recursos energéticos: Oferta, demanda e suas interfaces*. 2ª Edição. Campinas: IEI Brasil.

VILLALVA, Marcelo Gadella. (2012). *Energia solar fotovoltaica: Conceitos e aplicações*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Erica.