



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

FABIANO DOS SANTOS SOUSA

**RASTREADOR SOLAR FOTOVOLTAICO: proposta para abordagem do tema
conversão de energia na educação básica**

**TERESINA
2025**

FABIANO DOS SANTOS SOUSA

**RASTREADOR SOLAR FOTOVOLTAICO: proposta para abordagem do tema
conversão de energia na educação básica**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo Rodrigues
Duarte.

TERESINA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sousa, Fabiano dos Santos

S725r Rastreador solar fotovoltaico : proposta para abordagem do tema conversão de energia na educação básica. / Fabiano dos Santos Sousa. - 2025.
72 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2025.

Orientador : Prof Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte.

1. Conversão de energia. 2. Rastreador solar. 3. Educação básica. 4. Energia solar fotovoltaica. I.Título.

CDD - 530

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

FABIANO DOS SANTOS SOUSA

**RASTREADOR SOLAR FOTOVOLTAICO: proposta para abordagem do tema
conversão de energia na educação básica**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Aprovada em: 16 / 12 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte - SIAPE 1620982 (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Etevaldo Macedo Valadão - SIAPE 1809452
Instituição IFPI

Prof. Dr. Rodolpho Carvalho Leite - SIAPE 1967326
Instituição IFPI

Dedico este trabalho aos meus pais Raimundo da Silva Rodrigues de Sousa e minha mãe Antonia Barbosa dos Santos que me apoiaram e incentivaram durante minha caminhada. Ao meu avô Simão Rodrigues de Sousa (in memoriam) cuja inspiração permanece presente em cada passo que dou.

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte, cuja orientação, paciência e amizade foram essenciais nesta jornada. Sua dedicação e apoio não só contribuíram para a elaboração deste trabalho, mas também tornaram esse processo mais leve e especial.

Aos meus amigos de guerra do curso: Valfrim Viana de Moraes Araujo, Nádson Moura de Sousa, William Pinheiro Gomes e Jhonatan da Silva Alcântara, que estiveram presentes nessa caminhada do curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus, que sempre colocou desafios em meu caminho para que eu pudesse me fortalecer e aprender com cada experiência.

Agradeço, também, a minha família que deu todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui. Sem o suporte de vocês, essa conquista não teria sido possível.

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte, por sua orientação, apoio e dedicação ao longo deste trabalho. Sou grato(a) por todo o conhecimento compartilhado e pelas sugestões valiosas que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Gratidão ao Prof. Me. Etevaldo Macedo Valadão, cuja inspiração e apoio foram fundamentais para minha permanência no início do curso. Sua dedicação e motivação fizeram toda a diferença na minha trajetória acadêmica e pessoal.

Ao meu amigo Prof. Me. Leudimar Uchoa Alves, cujo apoio foi fundamental no meu processo profissional. Sua experiências diversas foram essenciais para meu crescimento e aprendizado. Agradeço por todo o incentivo e por compartilhar seu conhecimento comigo.

Agradeço aos meus amigos e amigas que conheci no curso.

Agradeço aos professores e servidores do IFPI do Campus Teresina Central, pois todos contribuíram para o alcance desse resultado.

Se eu vi mais longe, foi por estar sobre
ombros de gigantes.
Isaac Newton

Se estiver se sentindo desmotivado ou
sentindo que não é bom o suficiente,
incendeie o seu coração! Enxugue as
lágrimas e siga em frente. Quando se
entristecer ou se acovardar, lembre-se
que o fluxo do tempo nunca para, ele
não vai te esperar enquanto você se
afoga em tristeza.
Kyojuro Rengoku

RESUMO

Este projeto de pesquisa propõe alternativas para que professores da educação básica abordem a conversão de energia utilizando um mecanismo de captação de energia solar. Nosso objetivo é alinhar o ensino de Física às competências e habilidades da BNCC, promovendo uma compreensão prática dos processos de transformação energética. A pesquisa adotará uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, buscando aprofundar o conhecimento sobre a realidade dos fenômenos estudados. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico detalhado sobre captação e conversão de energia solar, bem como metodologias didáticas. Com base nesse embasamento, o trabalho foca na construção de um protótipo de mecanismo de captação solar eficiente e acessível. Inspirado na capacidade do girassol de seguir o sol com mínimo gasto energético, o dispositivo foi desenvolvido com materiais de fácil obtenção e sustentáveis. Testes preliminares otimizaram seu funcionamento, garantindo a viabilidade técnica. Posteriormente, o circuito e o código para arduino foi modificado para que se possa calcular a quantidade de energia captada em um sistema móvel em comparação com fixo. O protótipo utilizará um Arduino Uno, fotocélulas, LDRs e servomotores para ajustar automaticamente a posição do painel solar, maximizando a captação de luz ao longo do dia, como também outros módulos e sensores para calcular a energia captada pelas placas. Demonstrando na prática como o posicionamento influencia a eficiência da conversão de energia solar fotovoltaica em elétrica. Em paralelo, foi desenvolvida uma sequência didática estruturada, que servirá como material de apoio para professores e estudantes. Espera-se que, com o protótipo e a sequência didática, os estudantes compreendam de forma mais concreta a Lei da Conservação da Energia e os processos de transformação, conforme ressaltado pela BNCC. Isso estimulará o interesse em fontes de energia renovável e promoverá a conscientização sobre sustentabilidade, contribuindo para uma formação crítica sobre questões ambientais e energéticas.

Palavras-chave: Conversão de energia; Rastreador solar; Educação básica; Energia solar fotovoltaica.

ABSTRACT

This research project proposes alternatives for basic education teachers to address energy conversion using a solar energy capture mechanism. Our goal is to align the teaching of Physics with the competencies and skills of the BNCC, promoting a practical understanding of energy transformation processes. The research will adopt a qualitative approach, descriptive and exploratory in nature, aiming to deepen the knowledge about the reality of the phenomena studied. Initially, a detailed bibliographic survey was conducted on the capture and conversion of solar energy, as well as on teaching methodologies. Based on this foundation, the work focuses on constructing a prototype of an efficient and accessible solar capture mechanism. Inspired by the sunflower's ability to follow the sun with minimal energy expenditure, the device was developed with easily obtainable and sustainable materials. Preliminary tests optimized its operation, ensuring technical feasibility. Subsequently, the circuit and the code for Arduino were modified so that it would be possible to calculate the amount of energy captured in a mobile system compared to a fixed one. The prototype will use an Arduino Uno, photocells, LDRs, and servomotors to automatically adjust the position of the solar panel, maximizing light capture throughout the day, as well as other modules and sensors to calculate the energy captured by the panels. Demonstrating in practice how positioning influences the efficiency of photovoltaic solar energy conversion into electricity. In parallel, a structured didactic sequence was developed to serve as supporting material for teachers and students. It is expected that, with the prototype and the didactic sequence, students will gain a more concrete understanding of the Law of Conservation of Energy and transformation processes, as highlighted by the BNCC. This will stimulate interest in renewable energy sources and promote awareness of sustainability, contributing to critical education on environmental and energy issues.

Keywords: Energy conversion; Solar tracker; Basic education; Photovoltaic solar energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1	- Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 04/12/2025 no período vespertino (entre as 14:00 e 14:30 horas).....	37
Gráfico 2	- Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 04/12/2025 no período vespertino (entre as 15:00 e 15:30 horas).....	37
Gráfico 3	- Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 04/12/2025 no período vespertino (entre as 16:00 e 16:30 horas).....	38
Gráfico 4	- Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 06/12/2025 no período matutino (entre as 09:00 e 09:30 horas)	39
Gráfico 5	- Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 06/12/2025 no período matutino (entre as 10:00 e 10:30 horas).....	39
Gráfico 6	- Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 06/12/2025 no período matutino (entre as 11:00 e 11:30 horas).....	40
Figura 1	- Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil.....	14
Figura 2	- Quota de produção de eletricidade renovável por tecnologia, 2000-2030, AIE (2024).....	15
Figura 3	- Motor térmico.....	26
Figura 4	- Efeito fotoelétrico.....	28
Figura 5	- Variação de i com V	29
Figura 6	- Diagrama do circuito para confecção do rastreador solar, ilustrando as conexões e componentes essenciais para o funcionamento do sistema.....	32
Figura 7	- Rastreador solar.....	33
Figura 8	- Circuito do Sistema de Captação de Energia com Rastreador Móvel e Sistema Fixo.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	▪	Habilidades da BNCC para a área de Ciências da Natureza	19
----------	---	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEN	Balanço Energético Nacional
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IEA	Agência Internacional de Energia
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	OBJETIVO GERAL	17
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2	O TEMA SOBRE CONVERSÃO DE ENERGIA SEGUNDO A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR	18
3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO APROVEITAMENTO SOLAR: NATUREZA E TECNOLOGIA	20
3.1	3.1 A NATUREZA COMO MODELO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: GIRASSOL	20
3.2	SISTEMAS DE RASTREAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO.....	21
3.3	COMPARAÇÃO ENTRE O GIRASSOL E O RASTREADOR SOLAR.	21
4	AS LEIS DA TERMODINÂMICA	22
4.1	PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA	23
4.2	SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA	25
5	FENÔMENO EFEITO FOTOELÉTRICO	27
5.1	EFEITO FOTOELÉTRICO - HISTÓRICO.....	27
5.2	ALGUMAS APLICAÇÕES PRÁTICAS E TECNOLÓGICAS DO EFEITO FOTOELÉTRICO	30
6	METODOLOGIA	31
6.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	31
6.2	MONTAGEM DO RASTREADOR	31
6.3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	34

7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
7.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
7.2	PRODUÇÃO ENERGÉTICA	36
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXOS	47
	ANEXO A - Código de Funcionamento do Rastreador Solar do site Usinainfo	47
	ANEXO B - Manual de montagem do rastreador.....	50
	APÊNDICES	58
	APÊNDICE A - Código do rastreador modificado	58
	APÊNDICE B - Sequência didática	69

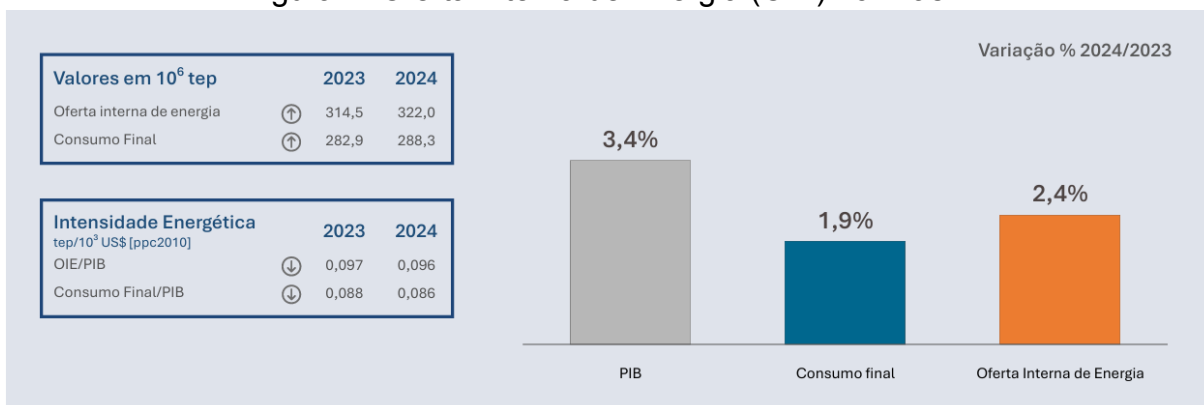
1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia sustentáveis e renováveis tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada pela necessidade de reduzir os impactos ambientais decorrentes do uso de combustíveis fósseis e de diversificar a matriz energética mundial. Por outro lado, estudos recentes revelam que tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em franco desenvolvimento, como China e Índia por exemplo, a demanda energética cresce de forma acelerada. Segundo um estudo realizado pela companhia British Petroleum (BP, 2019), a demanda global por energia cresceu 2,2%, acima da média de dez anos de 1,7%.

O caso do Brasil não é diferente, visto que a necessidade do desenvolvimento econômico no país requer uma grande demanda de energia. Além disso, o aumento da renda da população contribui para esse cenário, pois eleva o padrão de consumo e o uso de eletrônicos, veículos e outros bens que demandam energia, reforçando a importância de ampliar a oferta de fontes de energia sustentáveis e eficientes para atender a esse crescimento. (Weiss, M. 2021).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) elabora e publica anualmente o Balanço Energético Nacional (BEN). Em 2024, a Oferta Interna de Energia (OIE) registrou um aumento de 2,4% em relação ao ano anterior. As taxas de crescimento da OIE e do Consumo Final de Energia foram inferiores à taxa de crescimento do PIB, implicando em redução da intensidade energética da economia brasileira (BEN, 2025, p. 12). Como mostra a figura abaixo.

Figura 1: Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2025. p. 12.

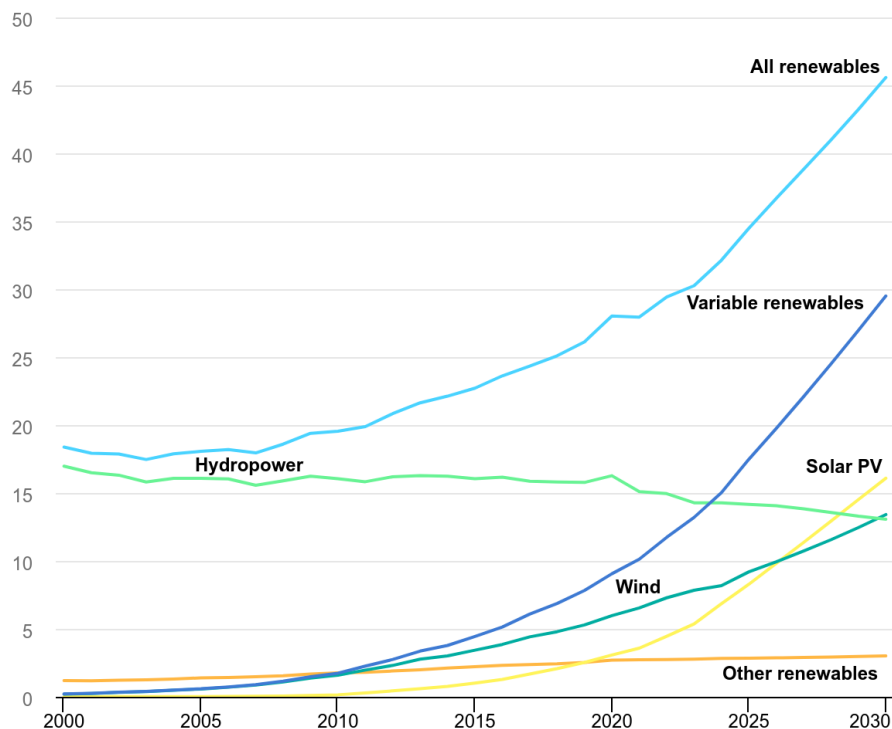
Além disso, a participação de fontes de energias renováveis na matriz energética vem se destacando cada vez mais, em especial a energia solar fotovoltaica. Diversos países e regiões já estão fazendo progressos notáveis no avanço da energia solar fotovoltaica como a China, União Europeia, Estados Unidos, Índia e Brasil (IEA, 2025).

Segundo os estudos realizados pela Agência Internacional de Energia (IEA), até o final desta década, a energia solar deverá se tornar a maior fonte de energia renovável. Ela tem potencial para superar a energia eólica e a hidrelétrica, que atualmente lideram sendo a principal fonte responsável pela produção de energia renovável, apresentando perspectivas de crescimento significativo, impulsionada por avanços tecnológicos e queda nos custos de instalação, sendo até a tecnologia preferida do setor privado.

A geração solar fotovoltaica aumentou um recorde de 320 TWh (aumento de 25%) em 2023, atingindo mais de 1.600 TWh. Ele demonstrou o maior crescimento absoluto de geração de todas as tecnologias renováveis em 2023. Essa taxa de crescimento de geração está próxima do nível previsto de 2023 a 2030 no Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050 (NZE).. (IEA, 2025, tradução nossa).

A figura abaixo mostra a percentagem de produção de eletricidade renovável por tecnologia entre os anos 2000 a 2030. Evidenciando o aumento das energias renováveis, inclusive um crescimento considerável do avanço da energia solar até 2030 em comparação com as demais fontes de energia renováveis.

Figura 2: Quota de produção de eletricidade renovável por tecnologia, 2000-2030, AIE (2024)



Fonte: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-renewable-electricity-generation-by-technology-2000-2030> de Paris, Licença: CC BY 4.0.

No contexto educacional, na maioria das vezes, o conteúdo sobre o funcionamento de diferentes fontes energéticas e seus processos de conversão é abordado de forma teórica, o que pode dificultar a compreensão dos estudantes sobre a importância e aplicação prática desses conceitos no cotidiano. Além disso, a ausência de metodologias adequadas e alinhadas ao contexto restringe o engajamento dos alunos e dificulta a integração entre teoria e prática.

Karl Rogers (1972. P. 154) afirma em suas teorias que a aprendizagem significativa só é válida quando o aluno percebe a relevância do que estuda. Dessa forma;

A aprendizagem significativa verifica-se quando o estudante percebe que a matéria a estudar se relaciona com os seus próprios objetivos. De maneira um tanto mais formal, dir-se-á que uma pessoa só aprende significativamente aquelas coisas que percebe implicarem na manutenção ou na elevação de si mesma. Outro elemento relacionado com esse princípio refere-se à rapidez da aprendizagem. Quando uma pessoa tem algum objetivo a alcançar e vê que dispõe de um material relevante à obtenção do que quer, a aprendizagem se faz com grande rapidez. (ROGERS, Carl. p. 154, 1972).

Nesse cenário, surge a oportunidade de explorar estratégias didáticas que envolvam processos de conversão de energia, promovendo uma aprendizagem mais

significativa, interativa e alinhada com as questões atuais de sustentabilidade, favorecendo assim a compreensão dos conceitos de forma contextualizada e aplicada à realidade dos estudantes. Além disso, a integração de projetos que envolvam a análise e a implementação de fontes renováveis de energia pode despertar o interesse dos alunos pela preservação do meio ambiente e pelo desenvolvimento de soluções sustentáveis, contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes e comprometidos com o futuro do planeta. Dessa forma, este trabalho visa propor ao docente atuante na educação básica alternativas didático-pedagógicas para a abordagem do tema de conversão de energia, utilizando um mecanismo de captação de energia solar.

1.1 JUSTIFICATIVA

Essa pesquisa reflete uma necessidade de construir/montar um mecanismo de captação solar bem fundamentado que ofereça ao professor uma ferramenta eficaz para demonstrar, de forma concreta, os processos de conversão de energia no ensino de física. Essa conexão entre a tecnologia e a educação torna as aulas mais dinâmicas, interativas e facilitadoras do entendimento dos conceitos envolvidos, promovendo uma aprendizagem mais prática e significativa.

A motivação para a abordagem do tema decorre do interesse em elaborar uma metodologia prática e experimental, com potencial aplicação no ambiente escolar, uma vez que essa abordagem enriquece o processo de aprendizagem ao proporcionar uma experiência direta e tangível aos estudantes

Ao utilizar o mecanismo de captação solar, o docente poderá proporcionar aos alunos uma experiência direta e tangível, facilitando a visualização dos princípios físicos envolvidos e estimulando o interesse pelo tema. Dessa forma, a ferramenta se torna não apenas um elemento didático, mas uma ponte entre teoria e prática.

Além disso, a importância das energias renováveis, especialmente da solar fotovoltaica, reforça o valor de desenvolver esse tipo de ferramenta, uma vez que a energia solar é uma fonte limpa, inesgotável e sustentável, fundamental para o enfrentamento das mudanças climáticas e para a diversificação da matriz energética mundial. A utilização de um mecanismo de captação solar fotovoltaica na educação promove não apenas o entendimento dos princípios físicos envolvidos, mas também sensibiliza os estudantes sobre a importância da adoção de fontes de energia

sustentáveis, contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados na busca por soluções ambientais e energéticas responsáveis.

1.2 OBJETIVO GERAL

Propor ao docente que atua na educação básica alternativas para a abordagem do tema sobre conversão de energia utilizando um mecanismo de captação de energia solar.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Contemplar as competências e habilidades estabelecidas pela BNCC sobre a temática conversão de energia de tal forma que esses aspectos contribuam para o entendimento dos estudantes sobre os processos de transformação de energia.

Construir um protótipo de mecanismo de captação de energia solar adequado para uso em sala de aula de Educação Básica.

Investigar os diferentes tipos de conversão de energia (fotovoltaica-térmica, térmica-elétrica, elétrica-cinética, etc) e suas aplicações práticas em contextos educacionais.

Montar uma sequência didática sobre o tema conversão de energia usando o rastreador solar como recurso didático.

Comparar a quantidade de energia captada pelo rastreador em comparação com um sistema fixo e discutir suas diferenças.

2 O TEMA SOBRE CONVERSÃO DE ENERGIA SEGUNDO A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

A fim de abordar o tema conversão de energia na educação básica, é de suma importância despertar nos alunos o interesse em compreender como o mundo ao seu redor funciona. O estudo desse tema representa uma oportunidade incrível para explorar fenômenos naturais e tecnológicos, contribuindo assim para o desenvolvimento de habilidades que serão essenciais para o crescimento pessoal. Sendo assim, o quadro abaixo destaca as habilidades descritas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que reforçam a importância de valorizar e de

trabalhar-se o estudo sobre conversão de energia, permitindo que os estudantes associem conceitos científicos de forma contextualizada e prática.

Tabela 1 - Habilidades da BNCC para a área de Ciências da Natureza (Ensino Médio)

Competência específica	Código BNCC (Ensino Médio- Ciências da Natureza e suas Tecnologias)	Habilidades
Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.	(EM13CNT101)	Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.
	(EM13CNT103)	Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.
	(EM13CNT106)	Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

Fonte: autor.

Em consonância com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e fundamentando-se nos pressupostos teóricos de Rogers (1972), Moreira (1999) e Ausubel (1980), ressalta-se a relevância de analisar as estratégias docentes na abordagem da conversão de energia. Além de discutir quais metodologias e recursos didáticos podem ser utilizados para facilitar a compreensão e a visualização desse conceito pelos estudantes.

De forma geral a BNCC ressalta a importância de aprofundar a compreensão dos conceitos de energia, abordando sua conservação, as diferentes formas de energia, a potência e o rendimento. Assim como dar ênfase na interpretação de

fenômenos naturais e processos tecnológicos de forma a permitir que os estudantes adquiram e compreendam conceitos, procedimentos e teorias presentes. (BRASIL, 2018).

Além da BNCC incentivar a contextualização dos conteúdos, a experimentação também é uma excelente oportunidade de abordar o tema. De acordo com Ausubel, a utilização de recursos didáticos desempenha um papel fundamental na facilitação do processo de aprendizagem, especialmente nas aulas expositivas.

A integração de diferentes assuntos é facilitada nas aulas expositivas se o professor e/ou os recursos didáticos disponíveis anteciparem explicitamente o emaranhado de semelhanças e diferenças entre as novas ideias e as ideias relevantes já presentes na estrutura cognitiva de cada aluno. (Ausubel, 1980, p. 97).

Ele destaca que a integração de diferentes conteúdos torna-se mais eficiente quando o professor e os recursos disponíveis antecipam explicitamente as semelhanças e diferenças entre as novas ideias e os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva dos alunos. Dessa forma, os recursos didáticos atuam como instrumentos que promovem uma conexão mais clara e organizada entre o que já é conhecido e o que está sendo ensinado, favorecendo a construção de significados e a assimilação de novos conceitos de maneira mais efetiva.

Na educação básica, esse tema pode ser explorado por meio de exemplos do cotidiano, como painéis solares, turbinas eólicas e outros dispositivos que convertem energia solar em elétrica ou térmica. Segundo a BNCC, é importante que o estudante compreenda esses processos para desenvolver uma postura crítica frente às questões ambientais e energéticas, estimulando a reflexão sobre o uso racional de recursos naturais.

3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO APROVEITAMENTO SOLAR: NATUREZA E TECNOLOGIA

3.1 A NATUREZA COMO MODELO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: GIRASSOL

O girassol (*Helianthus annuus*) é uma planta conhecida não apenas por sua beleza estética, mas também por sua eficiente estratégia de maximização da

captação de luz solar. Durante o seu crescimento, o girassol exibe um comportamento chamado heliotropismo, no qual suas folhas e flores se ajustam continuamente para seguir o movimento do sol ao longo do dia (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Este movimento passivo ou ativo garante uma exposição constante à luz, otimizando a fotossíntese e promovendo um crescimento vigoroso. A orientação do girassol é controlada por mecanismos hormonais internos que respondem às variações na incidência solar, permitindo um posicionamento quase perfeito em relação à trajetória solar (TAIZ et al., 2024).

O comportamento do girassol é uma estratégia evolutiva que maximiza a interceptação de radiação solar, proporcionando vantagens competitivas na obtenção de nutrientes e reprodução. A capacidade de mover-se ao longo do dia, ajustando a orientação de suas folhas e flores para captar a maior quantidade possível de luz, demonstra uma adaptação natural de alta eficiência (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Segundo Taiz et al. (2024) essa orientação contínua reduz perdas de energia por reflexão ou sombra, aumentando a taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, a produtividade da planta. Assim, a evolução do heliotropismo no girassol evidencia uma solução inteligente, que equilibra custo energético e benefício na busca pela luz, tornando-se um exemplo de eficiência energética na natureza (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014; TAIZ et al., 2024).

3.2 SISTEMAS DE RASTREAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO

Um rastreador solar é um sistema mecânico ou eletromecânico que ajusta a orientação de painéis fotovoltaicos ao longo do dia, de modo a manter uma posição ideal em relação ao sol. Seu funcionamento baseia-se na detecção da incidência solar, seja por sensores de luz ou por algoritmos pré-programados, que controlam os atuadores responsáveis pelo movimento do painel (PORTAL SOLAR, 2024). De acordo com Pinho e Galdino (2014) existem diversos tipos de rastreadores: de eixo único, que se move em um único plano, de eixo duplo, que permite ajustes em duas direções, além de modelos horizontais e verticais, que atendem a diferentes configurações de instalação e latitude geográfica (VILLALVA, 2012; PORTAL SOLAR, 2024).

A principal vantagem do uso de rastreadores solares é o aumento considerável na eficiência de conversão de energia. Ao manter os painéis alinhados

continuamente com o sol, esses sistemas podem incrementar a captação de energia maior que em comparação a sistemas fixos, dependendo das condições climáticas e do tipo de rastreador (VILLALVA, 2012). De acordo com Pinho e Galdino (2014), a implementação de rastreadores resulta em maior produção de eletricidade ao longo do dia e do ano, tornando-se uma estratégia eficiente para otimizar os recursos disponíveis.

3.3 COMPARAÇÃO ENTRE O GIRASSOL E O RASTREADOR SOLAR

Tanto o girassol quanto o rastreador solar têm como objetivo principal maximizar a incidência de radiação solar sobre sua superfície de captação, seja ela uma folha ou um conjunto de painéis fotovoltaicos. Ambos representam estratégias de otimização que evoluíram ou foram desenvolvidas para aproveitar ao máximo a energia solar disponível.

O girassol, por meio de seu heliotropismo, consegue uma adaptação evolutiva que garante uma alta eficiência na interceptação de luz, mesmo sem mecanismos tecnológicos complexos. Sua capacidade de ajustar-se ao movimento do sol é resultado de milhões de anos de seleção natural, demonstrando uma solução biológica eficiente e de baixo custo de implementação. Esse movimento heliotrópico é controlado por ritmos circadianos e pela proliferação celular assimétrica no caule, otimizando a fotossíntese e o crescimento da planta (ATAMIAN et al., 2016).

Por outro lado, a tecnologia dos rastreadores solares foi desenvolvida a partir de estudos e inspirações na natureza, buscando replicar de forma artificial a capacidade de acompanhar o movimento solar com maior precisão e eficiência (SANTOS, 2021). Os rastreadores utilizam controles sofisticados e componentes mecânicos avançados para ajustar a orientação dos painéis em tempo real, visando maximizar a captação de energia. Essa tecnologia, embora mais eficiente, envolve custos iniciais elevados, manutenção periódica e consumo de energia elétrica (BLASZCZAK, 2017), além de apresentar desafios técnicos e ambientais, como vulnerabilidade a falhas e impacto ecológico devido ao uso de materiais e energia para operação contínua.

No entanto, do ponto de vista econômico e ambiental, o girassol apresenta baixo custo de implementação e manutenção, sendo uma estratégia natural de sua biologia. Sua sustentabilidade é elevada, pois não depende de energia externa ou

componentes mecânicos complexos. Por outro lado, os rastreadores, envolvem custos iniciais mais elevados, manutenção técnica periódica e consumo de energia elétrica para operação. Contudo, sua maior eficiência pode justificar o investimento em instalações de grande escala, especialmente em regiões com alta incidência solar (BARBOZA et al., 2022).

4 AS LEIS DA TERMODINÂMICA

A termodinâmica é o ramo da física que estuda as relações entre calor, trabalho e energia, buscando compreender os princípios que regem as transformações energéticas nos sistemas físicos. Seu desenvolvimento histórico ocorreu, sobretudo, no século XIX, impulsionado pela necessidade de aperfeiçoar as máquinas térmicas durante a Revolução Industrial. Segundo Zemansky e Dittman (2003), “a termodinâmica surgiu da observação prática do funcionamento das máquinas a vapor e evoluiu para uma teoria geral da energia” (ZEMANSKY; DITTMAN, 2003, p. 2).

Pesquisadores como Sadi Carnot, Rudolf Clausius, Lord Kelvin e James Joule foram fundamentais para a formulação das leis que estruturam esse ramo da Física. As leis da termodinâmica constituem um conjunto de princípios empíricos universais que descrevem o comportamento da energia e da matéria em qualquer sistema físico (TIPLER; MOSCA, 2010).

O presente capítulo tem como objetivo apresentar e discutir as leis da termodinâmica, seus enunciados, implicações e aplicações práticas, além de descrever o funcionamento teórico da máquina de Carnot como modelo ideal de eficiência térmica.

4.1 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Afim de descobrir sobre a natureza do calor, Lavoisier chamou de “calórico” uma substância fluida indestrutível que escorria de um corpo mais quente para um frio, de tal forma que a quantidade total se conservaria, de tal forma que existiria uma lei de conservação do calor. No entanto, experimentos feitos por Benjamin Thomson — um aventureiro e inventor que se tornou Conde de Rumford — não detectou variação do peso de um corpo, já que o calórico era um fluido. Logo o

calórico poderia ser um fluido imponderável (NUSSENZVEIG, 2014, p. 205).

Posteriormente, na segunda metade do século XVIII, James Watt desenvolveu uma máquina a vapor, demonstrando que o calor pode ser convertido em capacidade de realizar trabalho. Mais tarde as ideias de Rumford foram desenvolvidas pelo médico alemão Julius Robert Mayer, onde ele comparou o corpo humano com uma máquina a vapor (PIRES, 2008, p. 241), sendo um dos primeiros a discutir sobre a conexão direta entre calor e energia. Então, em 1842, Mayer chegou ao primeiro enunciado geral do Princípio de conservação de Energia.

“As energias são entidades conversíveis, mas indestrutíveis ... Em inúmeros casos, vemos que um movimento cessa sem ter produzido quer outro movimento” (energia cinética) “quer o levantamento de um peso” (energia potencial), “mas a energia, uma vez que existe, não pode ser aniquilada; pode somente mudar de forma, e daí surge a questão: Que outras formas pode ela assumir? Somente a experiência pode levar-nos a uma conclusão” (NUSSENZVEIG, 2014, p. 206).

Devido a falta de conhecimentos físicos, Mayer não conseguiu expressar suas ideias sobre a conservação da energia de maneira clara e coerente, o que resultou em sua teoria ser ridicularizada ou ignorada na época (PIRES, 2008, p. 242).

Em 1840, o cervejeiro e cientista amador James Prescott Joule mostrou que o trabalho podia gerar calor e conseguiu determinar seu equivalente mecânico. Em 1845 ele propôs uma teoria sobre a conservação de energia, mas ninguém acreditou que estivesse certa. Somente quando William Thomson, futuramente conhecido como Lord Kelvin, reconheceu a teoria de Joule é que a conservação de energia passou a ser amplamente aceita.

Mas apenas em 23 de julho de 1847 que a formulação mais geral do Princípio da Conservação da Energia foi apresentada pelo físico matemático e fisiologista Hermann von Helmholtz em uma reunião da Sociedade de Física de Berlim, onde ele escreveu em seu livro “Sobre a conservação da energia” que:

“... chegamos à conclusão de que a natureza como um todo possui um estoque de energia que não pode de forma alguma ser aumentado ou reduzido; e que, por conseguinte, a quantidade de energia na natureza é tão eterna e inalterável como a quantidade de matéria. Expressa desta forma, chamei esta lei geral de Princípio de Conservação da Energia”. (NUSSENZVEIG, 2014, p. 207).

O que posteriormente, em 1860, o princípio da conservação de energia, seria chamado de 1º lei da termodinâmica, Helmholtz afirmou que a conservação da “força” era um princípio universal da Natureza (PIRES, 2008, p. 243).

Onde pode ser expressa na forma matemática;

$$\Delta U = U_F - U_I = Q - W$$

onde,

ΔU é a variação da energia interna do sistema.

Q é o calor fornecido ao sistema (positivo se o calor entra no sistema, negativo se sai).

W é o trabalho realizado pelo sistema (positivo se o sistema realiza trabalho, negativo se recebe trabalho).

No contexto do rastreador solar, a radiação solar incide sobre as células fotovoltaicas, onde ocorre a geração de pares de elétrons e lacunas ao serem excitados por fótons com energia suficiente, criando então uma diferença de potencial (voltagem), fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico. Essa movimentação de cargas cria uma corrente elétrica, possibilitando o uso da energia produzida. Assim, podemos entender que a energia solar é conservada durante a conversão, mas sofre transformações de forma, passando de radiação para energia elétrica

4.2 SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Em 1824, o engenheiro militar francês Sadi Carnot publicou uma obra na qual explorava a geração de movimento a partir do calor, utilizando a teoria do calórico para explicar o funcionamento das máquinas a vapor. Fazendo uma analogia com uma roda hidráulica, Carnot sugeriu que a máquina poderia realizar mais trabalho, com a mesma quantidade de fluido calórico, se a transferência de calor ocorresse de uma fonte de maior temperatura para uma de menor. (PIRES, 2008, p. 239).

Carnot ao analisar o fluxo de calor, chegou a uma conclusão que a perda de calor de uma máquina para o ambiente, é uma consequência natural do uso do calor como fonte de trabalho. Com isso, formulou uma lei geral: “É impossível extrair trabalho do calor, sem ao mesmo tempo, descartar algum calor”. Onde mais tarde passou a ser conhecida como Segunda Lei da Termodinâmica, por curiosidade, a

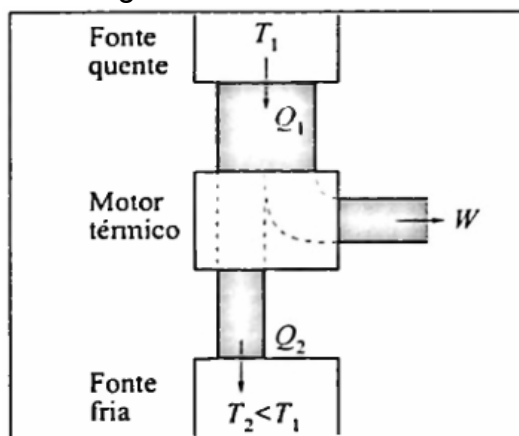
segunda lei foi descoberta antes da primeira. (PIRES, 2008, p. 240).

Carnot quase descobriu a primeira lei, no entanto, ele achou que havia uma contradição entre a conservação do calor e a conversão do calor. Mas Carnot só não tinha percebido que o calor é apenas uma das formas de energia.

Posteriormente a 2ª lei foi reformulada de maneira mais precisa por Kelvin e Clausius sendo seus enunciados:

É impossível realizar um processo cujo único efeito seja remover calor de um reservatório térmico e produzir uma quantidade equivalente de trabalho. É impossível realizar um processo cujo único efeito seja transferir calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente. (NUSSENZVEIG, 2024, p. 250-251).

Figura 3 – Motor térmico



Fonte: NUSSENZVEIG, H. M. (2014).

Pelo enunciado de Kelvin, é necessário que uma máquina tenha dois reservatórios térmicos com temperaturas distintas, de tal forma que $T_1 > T_2$. Pela figura 3, o reservatório de temperatura T_1 chamaremos de fonte quente, e reservatório de temperatura T_2 , chamaremos de fonte fria e W é o trabalho realizado pela máquina em um ciclo. Então temos:

$$Q_1 = w + Q_2 \Rightarrow W = Q_1 - Q_2$$

O rendimento da máquina térmica para realizar trabalho é:

$$R = \frac{W}{Q_1}$$

Substituindo uma equação na outra,

$$R = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

sendo o rendimento da máquina térmica inferior a 100%.

Mas então, qual deve ser o rendimento máximo que se pode obter de uma máquina térmica que opera entre duas fontes? Carnot mostrou que $\frac{Q_f}{Q_q} = \frac{T_f}{T_q}$ (sendo T_q e T_f as temperaturas Kelvin dos reservatórios quente e frio respectivamente) e que o rendimento máximo de uma máquina ideal é dado por

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_q}.$$

Logo, se T_1 e T_2 são as temperaturas absolutas das fontes quente e fria, respectivamente, o máximo rendimento de um motor térmico operando entre elas é o rendimento de uma máquina de Carnot. (NUSSENZVEIG, 2014, p. 261).

A segunda lei da termodinâmica impõe que o rendimento de uma máquina térmica real é sempre menor que o rendimento da máquina térmica ideal de Carnot (considerando que as duas máquinas são submetidas aos reservatórios térmicos de temperaturas T_q e T_f).

$$\eta < R$$

Portanto, quando se trata de equipamentos, máquinas ou qualquer mecanismo que faz essa conversão de energia — como é o caso do rastreador solar fotovoltaico — também é necessário considerar e comentar a sua eficiência, que está diretamente influenciada por perdas decorrentes de fatores como resistência elétrica, reflexões, temperatura elevada das células, efeito joule. Pois ignorar esses aspectos implicaria em violar os princípios estabelecidos pelos enunciados de Kelvin e de Clausius que fazem parte da 2ª lei da termodinâmica. Essas perdas reduzem a quantidade de energia elétrica gerada em relação à energia solar incidente.

5 FENÔMENO EFEITO FOTOELÉTRICO

5.1 EFEITO FOTOELÉTRICO - HISTÓRICO

O efeito fotoelétrico é um fenômeno físico no qual elétrons são emitidos de uma superfície metálica quando esta é exposta à radiação eletromagnética de alta frequência, como a luz visível ou ultravioleta. Descoberto experimentalmente por Heinrich Hertz no final do século XIX produziu e detectou a existência de ondas

eletromagnéticas validando assim a teoria de Maxwell. O experimento de Hertz consistia em fazer gerar faíscas entre dois eletrodos, gerando assim ondas. Essas ondas foram detectadas por uma antena ressonante que também emitia faíscas entre seus eletrodos. Ele observou que a faísca de detecção saltava com mais dificuldade quando a antena receptora não estava exposta à luz, (Moysés, 2014. p. 206).

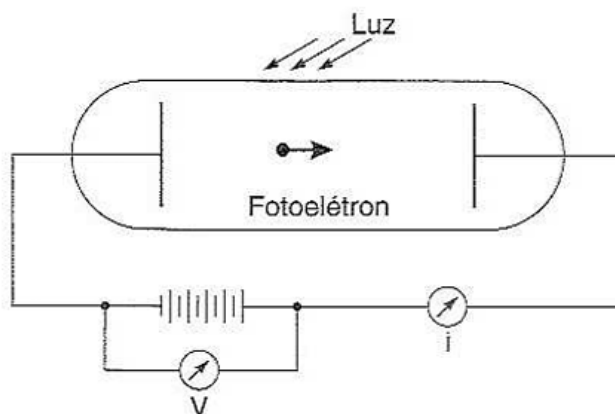
No entanto, Hertz não aprofundou em seus estudos e coube a seu discípulo Philipp Lenard tentar explicar esse fenômeno, revelando assim uma série de características intrigantes.

Mas só em 1905, utilizando a teoria de Planck, Albert Einstein propôs uma explicação revolucionária para explicar os resultados que obteve com o efeito fotoelétrico, por curiosidade, lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física, não pelas suas Teorias da Relatividade. Sendo fundamental para o desenvolvimento da teoria quântica da luz.

De forma geral, o efeito fotoelétrico funciona da seguinte forma: quando uma fonte de luz (radiação eletromagnética) incide sobre uma superfície metálica, ocorre então, a emissão de elétrons dessa mesma superfície – chamados de fotoelétrons. Esse fenômeno é chamado de efeito fotoelétrico e foi fundamental na compreensão da natureza da luz (EISBERG e RESNICK, 1979. p. 51).

Experiências demonstram que incidir luz sobre metais faz com que a superfície de alguns deles acabam emitindo luz. Essa luz incidente faz os elétrons saltitarem, levando-os a emergir da superfície do metal.

Figura 4 – Efeito fotoelétrico



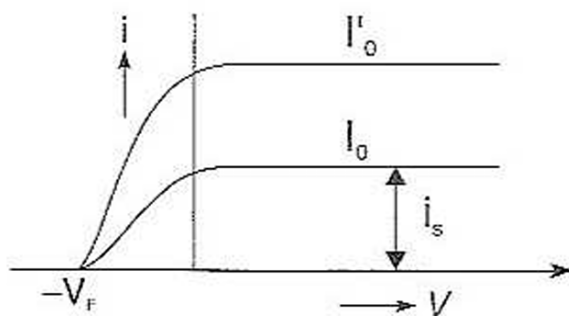
Fonte: Moysés (2014)

Na figura 4, temos a representação do aparato experimental utilizado para

explicar o efeito fotoelétrico. Nesse experimento, os eletrodos estão dentro de recipiente, mais específico uma ampola de quartzo, e no vácuo, então estabelece-se entre os eletrodos uma diferença de potencial V , e posteriormente é iluminado o catodo com luz monocromática de frequência ν e intensidade I_0 , liberando assim os fotoelétrons. A detecção dos elétrons é realizada por meio da medição da intensidade i da corrente elétrica gerada, devido à diferença de potencial entre os eletrodos. Para isso, utiliza-se um amperímetro como instrumento de medição.

Os resultados experimentais estão ilustrados na figura 5: mostrando a corrente fotovoltáica i em função da diferença de potencial V . Todos os fotoelétrons serão arrancados pela luz e coletados pelo anodo, quando V for muito grande, de forma que a corrente fotovoltáica atinja um valor limite ou constante (corrente de saturação). Mas se a voltagem for invertida, os elétrons serão freados em vez de acelerados, ou seja, sua velocidade diminuirá, dificultando sua passagem. Nesse caso, a corrente continuará a fluir no mesmo sentido, mas seu valor reduzirá progressivamente à medida que o módulo da voltagem V aumente. Quando a voltagem atingir um valor negativo suficiente para cancelar a energia dos elétrons, ela se anulará completamente $V = -V_F$. Moysés denominou esse valor negativo de potencial de freamento, representado por V_F , indicando o ponto em que a corrente desaparece devido à oposição à passagem dos elétrons.

Figura 5 - Variação de i com V



Fonte: Moysés (2014)

Num trabalho de Einstein publicado em 1905, nomeado “Um ponto de vista heurístico sobre a produção e transformação da luz”, ele propõe uma teoria baseada nas ideias de Planck sobre a quantização: a de que *a radiação eletromagnética de frequência ν consiste de quanta de energia*, de acordo com a equação $E = h\nu$,

sendo h é a constante de Planck e ν a frequência da luz.

Onde em suas palavras “A ideia mais simples é que um quantum de luz transfere toda sua energia a um único elétron”, esse quantum posteriormente foi chamado de fóton (Moysés, 2014. p. 208) . Temos então que para que um elétron seja emitido de uma superfície metálica, a energia do fóton incidente deve superar a função trabalho do material, que é a energia mínima necessária para liberar um elétron da superfície. Quando essa condição é atendida, o elétron é emitido com uma energia cinética dada por:

$$\frac{1}{2}m_e v_m^2 = eV_F = h\nu - W$$

onde W é uma característica específica do material chamado de função trabalho. Assim, quanto maior a frequência da luz, maior a energia do fóton e, conseqüentemente, maior a energia cinética do elétron emitido, até um limite determinado pela função trabalho do material.

5.2 ALGUMAS APLICAÇÕES PRÁTICAS E TECNOLÓGICAS DO EFEITO FOTOELÉTRICO

Este fenômeno demonstra a natureza quântica da luz e sua capacidade de transferir energia suficiente para liberar elétrons de um material condutor, o que é a base para diversas aplicações tecnológicas, especialmente na conversão de energia solar em energia elétrica por meio de células fotovoltaicas.

Elas são responsáveis em converter radiação solar direta em energia elétrica. Essas células são compostas por materiais semicondutores, como o silício, que possuem propriedades específicas de absorção da luz e geração de pares de elétrons e lacunas, levando à formação de uma corrente elétrica utilizável.

A eficiência dessas células depende de diversos fatores, incluindo o espectro da radiação incidente, a qualidade do material semicondutor e a configuração do sistema. Portanto, a compreensão do efeito fotoelétrico é essencial para aprimorar o desenvolvimento de tecnologias de captação de energia solar, promovendo fontes renováveis e sustentáveis de energia.

Além das células fotovoltaicas, sensores utilizados em portas de elevadores,

catracas automáticas e linhas de produção industriais empregam o que é genericamente chamado de "sensor fotoelétrico". Nesses dispositivos, um emissor projeta um feixe de luz (fótons, geralmente infravermelhos) em direção a um fotodetector (como um fotodiodo). O material semicondutor do fotodetector absorve a energia dos fótons incidentes, liberando elétrons e gerando uma corrente elétrica, um processo que se baseia diretamente no efeito fotoelétrico/fotovoltaico. A presença de uma pessoa ou objeto quebra este feixe, interrompendo a corrente. Essa variação brusca no fluxo de elétrons é detectada pelo sistema de controle, que imediatamente aciona uma ação de segurança, garantindo que elas não se fechem acidentalmente e evitando acidentes (por exemplo, impedindo o fechamento da porta do elevador).

Outro exemplo importante é nos controles remotos de dispositivos eletrônicos, como televisores e sistemas de ar-condicionado, utilizando luz infravermelha para transmitir dados codificados. No lado do receptor, o aparelho possui um sensor infravermelho que atua como um transdutor. Ele recebe os fótons infravermelhos e, através do Efeito Fotoelétrico, converte radiação eletromagnética em elétrons (corrente elétrica). O circuito interpreta os pulsos dessa corrente para decodificar o comando de controle, permitindo a operação remota eficiente do equipamento.

6 METODOLOGIA

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

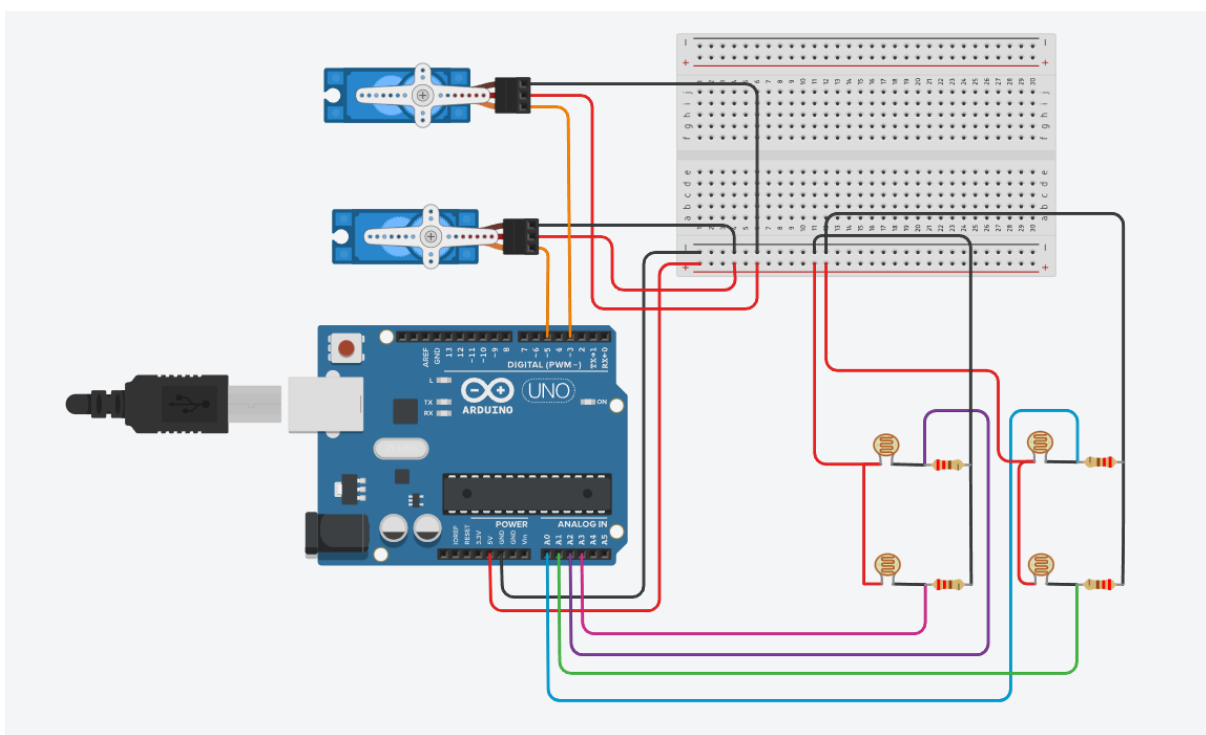
A fim de atingir os objetivos propostos, a metodologia será desenvolvida em etapas distintas e complementares, garantindo uma abordagem prática, pedagógica e teórica eficaz. Além disso, este TCC adota uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, como diz Antônio Carlos Gil

As pesquisas descritivas são, juntamente com as exploratórias, as que habitualmente realizam os pesquisadores sociais preocupados com a atuação prática. Essas pesquisas têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. (GIL, 2002, p. 42).

6.2 MONTAGEM DO RASTREADOR

Na figura a seguir, apresenta-se um esquema do circuito utilizado para a construção do rastreador solar, desenvolvido na plataforma Tinkercad. Este circuito é composto por um Arduino Uno, fotocélulas, LDRs, motores de passo ou servomotores para movimentação do painel solar, além de componentes como resistores e cabos de conexão.

Figura 6 – Diagrama do circuito para confecção do rastreador solar, ilustrando as conexões e componentes essenciais para o funcionamento do sistema



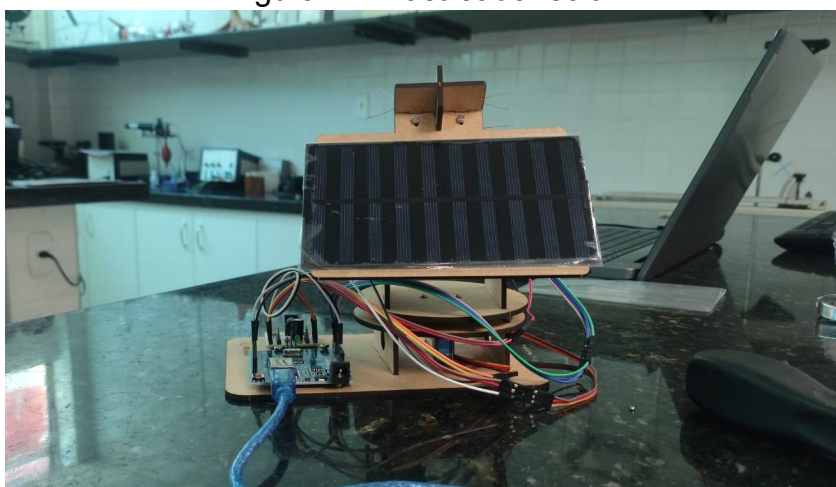
Fonte: autor.

A configuração permite que o Arduino receba os sinais dos sensores de luz LDR's e ajuste a posição do painel solar de modo a acompanhar o movimento do sol ao longo do dia, maximizando a captação de energia solar. Além disso, o código em Arduino já existe e está disponível no site Usinainfo no seguinte endereço: < <https://www.usinainfo.com.br/blog/rastreador-solar-com-arduino-um-seguidor-solar-at-raves-de-ldr/>.> ou no (Anexo A), assim como todos os componentes necessários para a construção e montagem do rastreador, garantindo que o sistema possa automaticamente ajustar a inclinação e o azimuth do painel para otimizar a captação

de energia ao longo do tempo.

A abordagem do tema de conversão de energia será evidenciada através do funcionamento do rastreador, que otimiza a incidência de luz solar sobre o painel, aumentando a eficiência na captação de energia. Ainda por cima, o rastreador é inspirado no modelo de orientação do girassol, uma planta que evoluiu de forma a seguir o movimento do sol ao longo do dia, maximizando a captação de luz com o mínimo de gasto energético

Figura 7 – Rastreador solar



Fonte: autor.

Na figura 7, mostra o rastreador construído a partir do circuito descrito na figura 6, que é o modelo disponível no site Usinainfo. Sendo o modelo a ser construído pelo professor ou aluno. Sua montagem com todas as partes necessárias para rastreador está disponível no (**ANEXO B**)

A fim de verificarmos a quantidade de energia captada, no circuito foi implementado novos componentes e módulos — como o INA219 para calcular corrente e tensão, o código foi então modificado para que se obtenha dados do ângulo de elevação da placa, o azimuth, corrente, diferença de potencial e potência para que assim, se possa verificar a quantidade de energia captada feita pelo rastreador em comparação com o sistema fixo. Além disso, foi feita uma adaptação na estrutura do rastreador para que os servo motores fossem substituídos por motores mais precisos — motores de passo, tendo assim, maior precisão durante o movimento e na obtenção de dados.

Inicialmente, foram utilizados os sensores “Sensor de Corrente ACS712 5A AC/DC com Efeito Hall” e “Sensor de Tensão DC 0-25V” para calcular a corrente e a

tensão. O sensor de tensão apresentou bom funcionamento e alta precisão, porém, o sensor de corrente não se mostrou a melhor opção, pois é mais adequado para medir correntes elevadas, enquanto as placas solares geram correntes muito baixas, na casa dos miliamperes (mA). Para evitar grandes diferenças nas medições, optou-se por utilizar o sensor de tensão e corrente INA219, o que trouxe uma vantagem significativa ao reduzir a complexidade do circuito e facilitar as medições com maior precisão em correntes baixas.

O sensor de tensão e corrente INA219 é um módulo compacto e eficiente, projetado para aplicações em diversos circuitos elétricos. No sistema, as placas solares são conectadas em paralelo com um cooler. Quando a luz solar incide sobre as placas, o cooler começa a se movimentar devido à geração de energia. Para medir a corrente elétrica nesse processo, o circuito é interrompido momentaneamente e o sensor é conectado em série, permitindo uma medição precisa da corrente elétrica que passa pelo sistema.

Para a coleta de dados, o sistema inclui um módulo micro SD Card integrado ao circuito com a finalidade de armazenar e coletar os dados registrados pelo código tanto para o rastreador solar (sistema de captação móvel) quanto para o sistema de captação fixo em tempo real utilizando o módulo RTC (Real Time Clock DS3231). Após a coleta, esses dados são levados e processados por um programa de plotagem de gráficos, como o Xmgrace, Gnuplot ou outro semelhante, permitindo assim uma análise da quantidade de energia captada por ambos os sistemas.

Vale ressaltar que, para assegurar que os sensores estavam coletando a corrente de forma precisa, foram realizados diversos testes, nos quais os valores obtidos pelos sensores foram comparados com as medições realizadas por multímetros, garantindo assim a confiabilidade dos resultados.

O código para acompanhar o sol estará disponível nos Anexos, e o código modificado para coleta de energia, corrente e potência está nos Apêndices.

6.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Este estudo adotará uma abordagem qualitativa, desenvolvendo uma sequência didática centrada na temática "conversão de energia", utilizando um sistema de captação solar como instrumento pedagógico. A sequência foi elaborada em etapas, buscando garantir a coerência entre elas.

A primeira etapa consiste em que o professor tenha acesso a uma sequência para a montagem do rastreador solar, seguindo rigorosamente o roteiro detalhado disponível nos anexos. Este roteiro fornece orientações passo a passo para a instalação dos componentes eletrônicos, garantindo que o professor possa montar o circuito de forma segura e eficiente. Além disso, o código para Arduino necessário para o funcionamento do rastreador também está incluso nos anexos (ANEXO A), facilitando a programação do dispositivo. O circuito está descrito de maneira clara na seção anterior (Figura 5), incluindo todas as ligações e componentes necessários, como sensores de luz, servomotores e microcontrolador Arduino.

A segunda etapa consiste na apresentação do dispositivo pelo professor, que explicará seu funcionamento de forma clara e detalhada. Antes disso, é importante reservar uma aula para introduzir o conceito de conversão de energia, utilizando exemplos do cotidiano para facilitar a compreensão dos alunos. Na aula seguinte, o professor apresentará o rastreador solar, explicando seu funcionamento, incluindo os sensores, o microcontrolador Arduino e os servomotores. Essa etapa visa consolidar o entendimento dos estudantes sobre os princípios envolvidos na conversão de energia e no funcionamento do sistema.

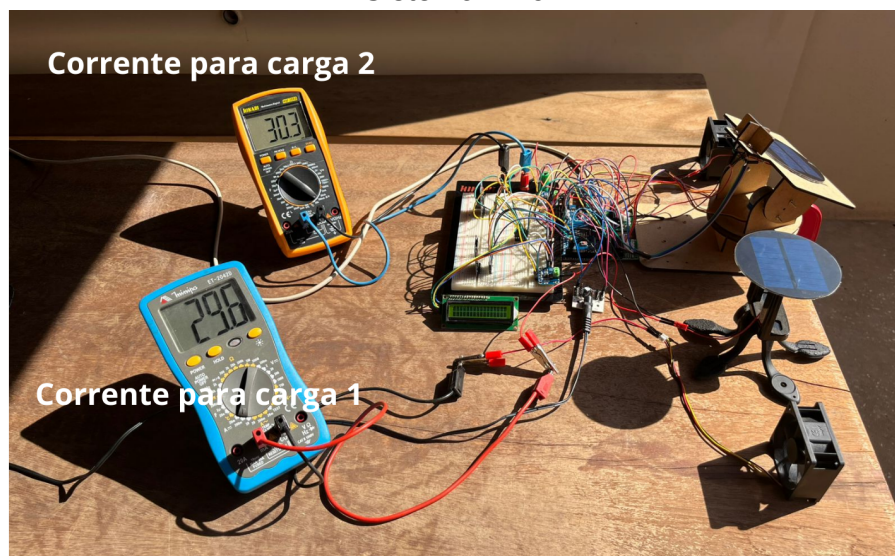
A terceira etapa envolve a realização de um experimento em sala de aula, no qual os estudantes irão medir a tensão e a corrente geradas pelo painel em duas condições distintas: uma com o painel fixo e outra utilizando o rastreador. Para auxiliar na condução dessa atividade, o APÊNDICE B apresenta um plano de aula estruturado, que servirá como guia para o professor. Essa atividade prática reforça a compreensão dos conceitos abordados e demonstra na prática os benefícios do rastreador solar na conversão de energia.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na figura 8 mostra o circuito montado por completo no qual, onde nele tem o sistema de captação móvel e fixo;

Figura 8 - Circuito do Sistema de Captação de Energia com Rastreador Móvel e Sistema Fixo



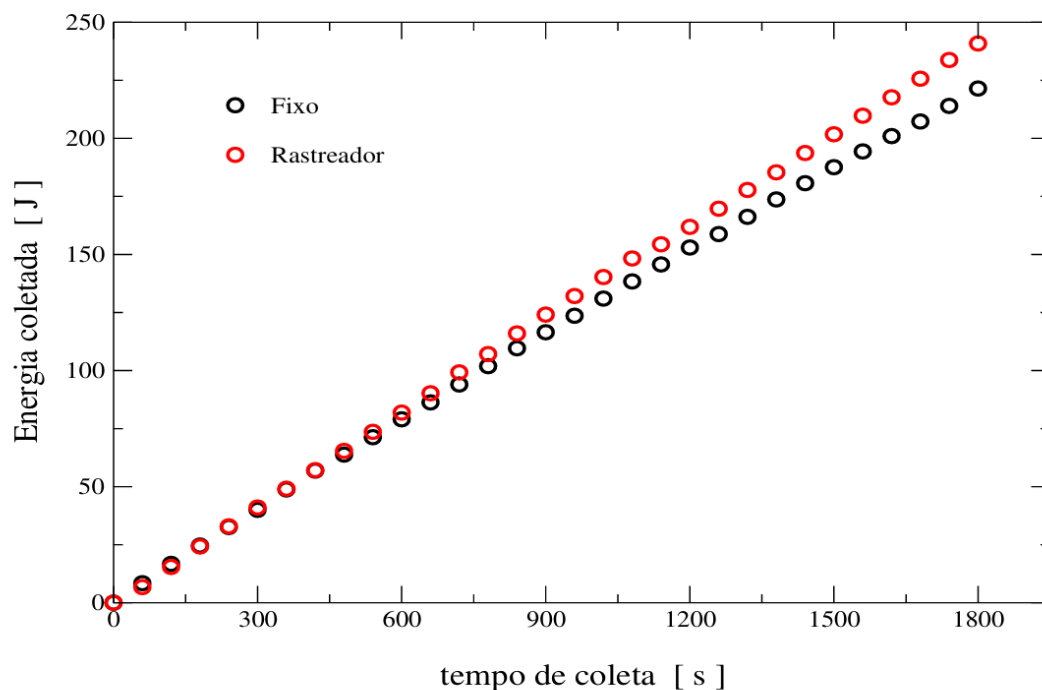
Fonte: autor.

Ao observarmos na figura 8, vemos que a corrente para o sistema móvel (multímetro amarelo) apresenta um valor maior em comparação com o sistema fixo (multímetro azul), evidenciando que o sistema móvel capta mais energia que o fixo. É importante mencionar que nos dois sistemas foram utilizadas placas fotovoltaicas de mesmas dimensões e especificações idênticas — informações fornecidas pelo fabricante.

Quando o sistema é iniciado, optamos em sempre começar com a distribuição plana para os dois sistemas, e só depois o rastreador devido a diferença da média da intensidade da luz nos sensores LDRs é que o rastreador toma a decisão de ir para o local em que todos os LDRs tenham a mesma intensidade de luz iguais — mudando de acordo com a posição do sol.

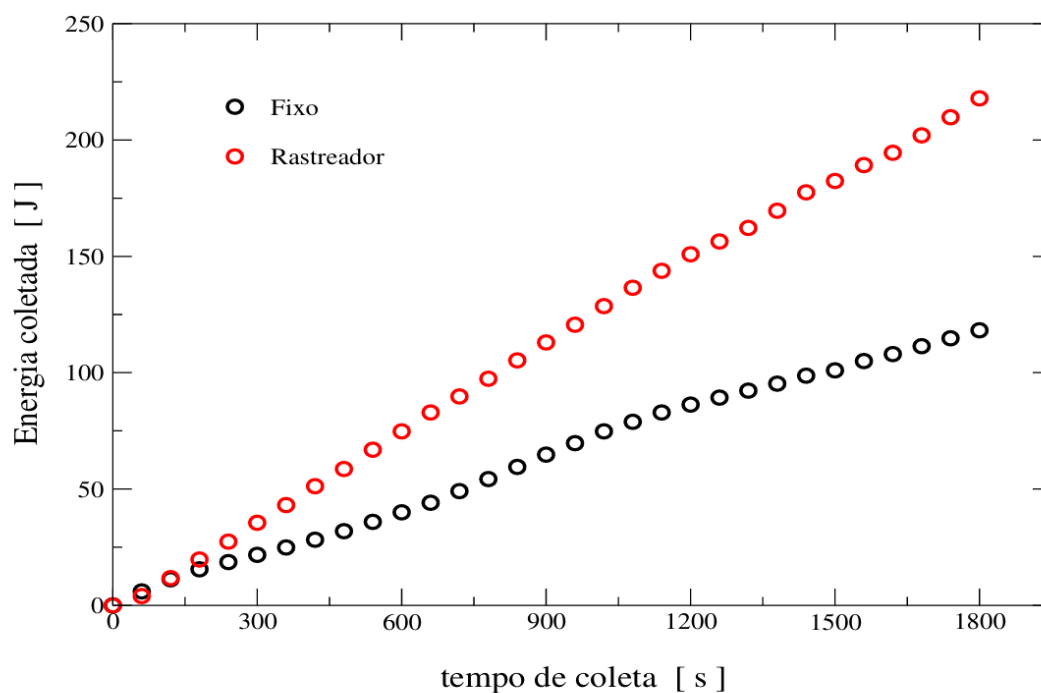
7.2 PRODUÇÃO ENERGÉTICA

Gráfico 1 - Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 04/12/2025 no período vespertino (entre as 14:00 e 14:30 horas)
04/12/2025 - 14h



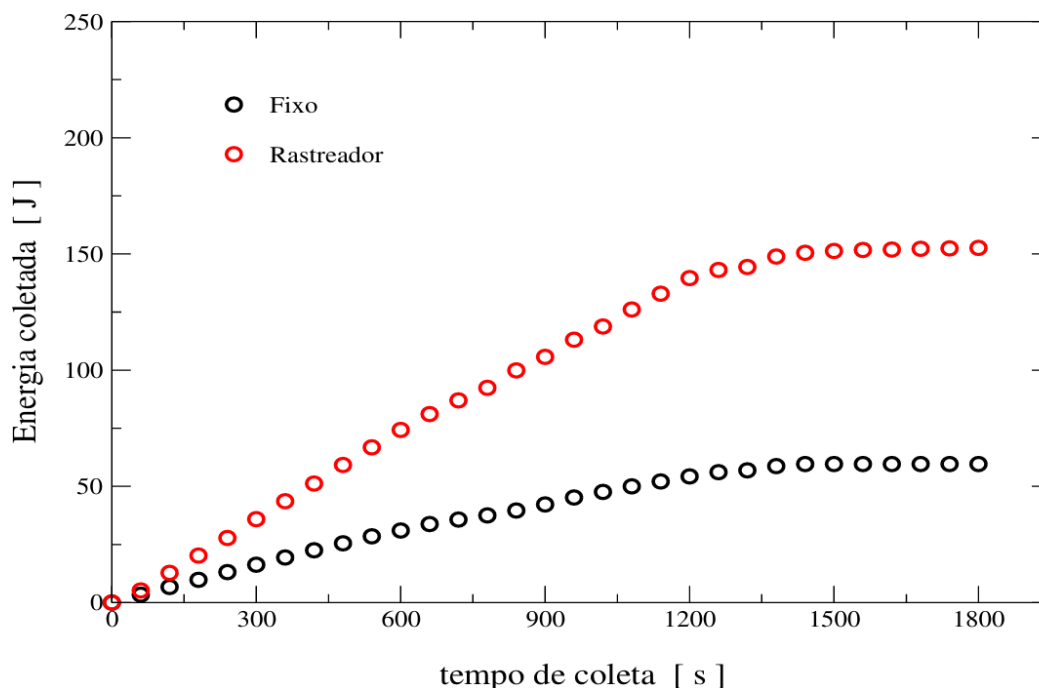
Fonte: autor

Gráfico 2 - Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 04/12/2025 no período vespertino (entre as 15:00 e 15:30 horas)
04/12/2025 - 15h



Fonte: autor.

Gráfico 3 - Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 04/12/2025 no período vespertino (entre as 16:00 e 16:30 horas)
04/12/2025 - 16h



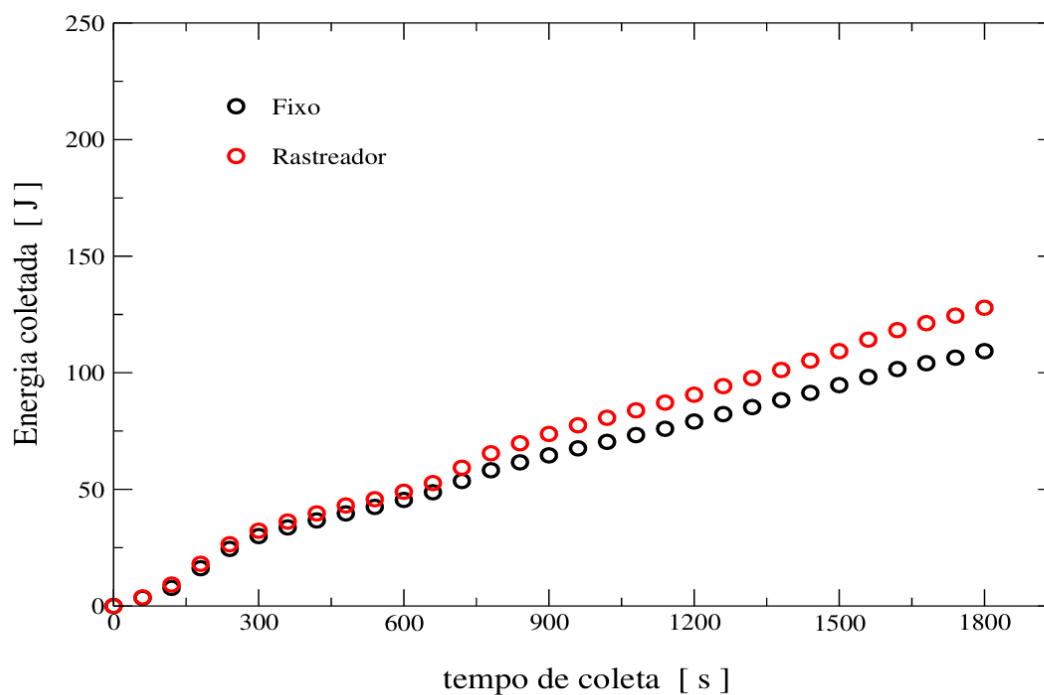
Fonte: autor.

Os três gráficos acima representam a energia captada ao longo do tempo em três horários diferentes. Os pontos em vermelho representam a energia captada pelo rastreador enquanto os pontos pretos a energia do sistema fixo. E como podemos observar, os gráficos mostram uma tendência clara de maior captação de energia por meio do sistema móvel.

Mas por que os gráficos indicam que o sistema móvel consegue captar mais energia? Um dos principais fatores é o fato de o rastreador ajustar sua posição e orientação em relação ao sol, constantemente buscando o melhor ângulo de incidência solar. Isso significa ajustar o vetor de área da placa solar fotovoltaica de modo que ele esteja alinhado de forma a maximizar a captação de energia, ou seja, mantendo um ângulo próximo de 180° com o raio solar, garantindo assim uma maior eficiência na captação de energia solar.

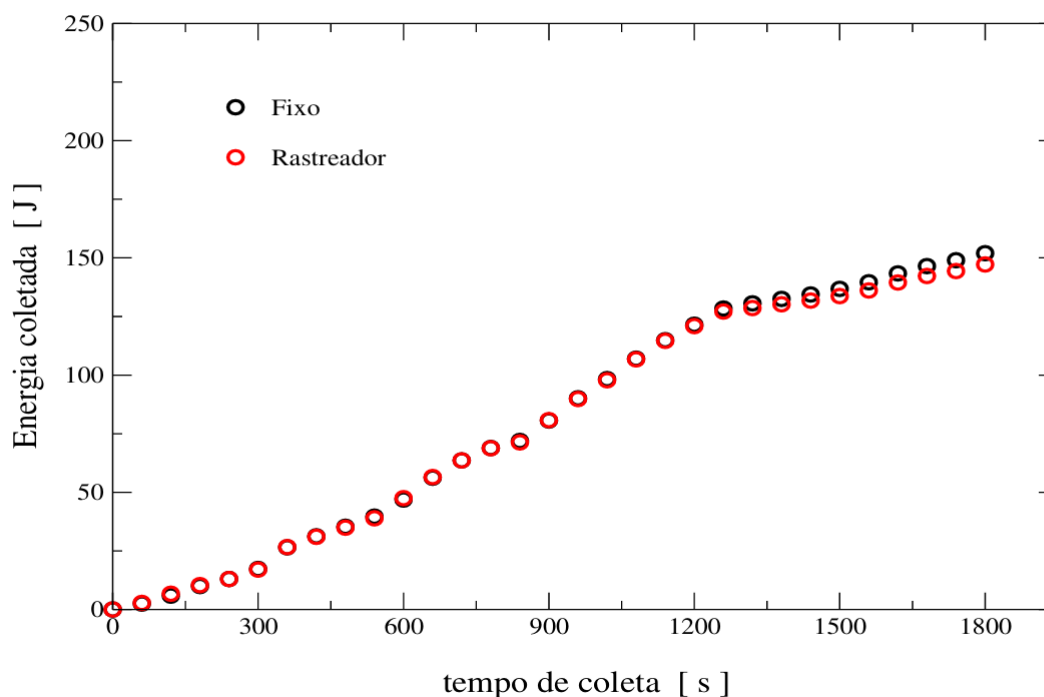
Além disso, quando mais o sol se aproxima do horizonte, o painel do rastreador consegue manter a produção de energia em um nível mais elevado em comparação ao fixo, visto a perpendicularidade dos raios solares na placa. Mostrando um desempenho superior do rastreador, especialmente no período das 15h — visualização mais clara nos gráficos 2 e 3.

Gráfico 4 - Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 06/12/2025 no período matutino (entre as 09:00 e 09:30 horas)
06/12/2025 - 09h (nublado)



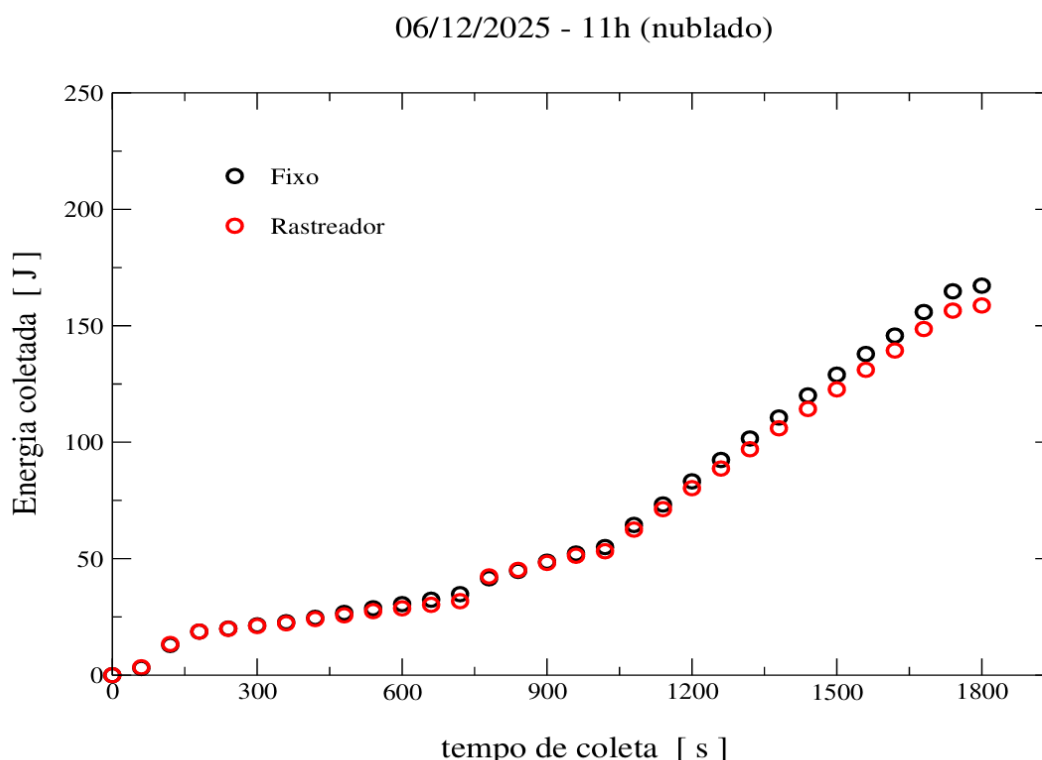
Fonte: autor

Gráfico 5 - Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 06/12/2025 no período matutino (entre as 10:00 e 10:30 horas)
06/12/2025 - 10h (nublado)



Fonte: autor

Gráfico 6 - Comparação da energia consumida pela carga entre o rastreador e o sistema fixo no dia 06/12/2025 no período matutino (entre as 11:00 e 11:30 horas)



Fonte: autor

Os gráficos 4, 5 e 6 ilustram a quantidade de energia captada durante períodos de dias nublados. Observa-se que a quantidade de energia coletada pelo rastreador se aproxima da obtida pelo sistema fixo.

Essa "semelhança" na captação de energia ocorre pelo fato do rastreador estar constantemente ajustando sua orientação para maximizar a incidência de luz, baseado na média dos sensores LDR. Contudo, essa estratégia não é eficiente em condições de céu nublado, pois a luz solar é dispersa em várias direções devido à atmosfera, resultando em radiação difusa. Enquanto em dias ensolarados, os raios solares são mais diretos e concentrados, permitindo que os sensores do rastreador respondam de forma mais eficaz às fontes de luz direcionadas.

Além disso, à medida que se aproxima do meio-dia, a coleta de energia, que deveria estar alinhada com o sistema fixo, diminuiu — conforme indicado pelos gráficos 5 e 6. Isso ocorre porque, nesse período, o rastreador captou uma quantidade menor de energia devido à predominância de radiação difusa. O que vem a ser um problema para sistemas que rastreiam apenas a radiação direta.

É importante destacar que todos os dados das energias coletadas pelo

rastreador referem-se exclusivamente às medições da energia extraída da placa solar fotovoltaica para a carga. Não foi realizado um tratamento dos dados para verificar se a soma da energia coletada pela placa em movimento e a energia consumida pelo sistema de rastreamento ultrapassam a quantidade de energia obtida por uma placa fixa.

De forma geral, foi possível mostrar que, para sistemas móveis, o ganho energético é bastante superior ao sistema fixo, evidenciando a vantagem de utilizar rastreadores em condições adequadas de iluminação

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, foi possível verificar a importância de contemplar as competências e habilidades estabelecidas pela BNCC relacionadas à temática de energia, promovendo assim um ensino contextualizado e alinhado às diretrizes educacionais.

A construção do protótipo de rastreador solar demonstrou-se um avanço significativo, uma vez que o dispositivo apresentou funcionamento adequado para uso em sala de aula, possibilitando uma abordagem prática e interativa do tema. A modificação do circuito original, com o objetivo de calcular a quantidade de energia captada pelo sistema móvel em comparação ao sistema fixo, revelou-se uma estratégia eficiente para aprofundar a pesquisa e obter dados concretos. Os resultados obtidos, apoiados por gráficos e análises quantitativas, evidenciaram que o sistema móvel de rastreamento capta mais energia do que o sistema fixo, reforçando a importância de incluir tecnologias dinâmicas na educação sobre energias renováveis.

Por fim, a elaboração de uma sequência didática específica para o tema conversão de energia, utilizando o rastreador solar como recurso pedagógico, proporciona ao docente uma ferramenta prática e fundamentada para abordar o conteúdo de forma envolvente e contextualizada. Essa sequência favorece o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais, além de incentivar o protagonismo do estudante na construção do conhecimento.

Diante dos resultados alcançados, conclui-se que a integração de recursos tecnológicos como o rastreador solar na educação básica é uma estratégia eficaz para promover o entendimento sobre os processos de transformação de energia,

podendo assim contribuir para uma formação mais crítica e consciente acerca das fontes de energia e suas aplicações. Espera-se que este trabalho inspire e contribua para futuras ações pedagógicas e pesquisas na área de energias renováveis, ampliando as possibilidades de ensino e aprendizagem no contexto escolar.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica). Painel solar em forma de girassol copia a natureza para produzir mais energia. 14 jun. 2021.

Disponível em:

<https://www.absolar.org.br/noticia/painel-solar-em-forma-de-girassol-copia-a-natureza-para-produzir-mais-energia/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

ATAMIAN, H. S. et al. Circadian regulation of sunflower heliotropism, floral orientation, and pollinator visits. *Science*, v. 353, n. 6299, p. 587-590, 2016.

Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/974604675/144850388>. Acesso em 3 jan. 2026.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. *Psicologia Educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. Disponível em:

<https://pdfcoffee.com/psicologia-educacional-david-ausubel-pdf-free.html>. Acesso em: 20 jun. 2025.

BARBOZA, L. E. A.; MEDEIROS, J. V. F. F. de; NEGREIROS, A. C. F. de; CAMPOS, M. H. de S.; VILELA, O. C.; GOMES, E. T. A.; FRAIDENRAICH, N. ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COM RASTREAMENTO DE EIXO ÚNICO. *Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS*, [S. l.], 2022. DOI:

10.59627/cbens.2022.1187. Disponível em:

<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1187>. Acesso em: 10 jan. 2026.

BLASZCZAK, V. Análise de eficiência de painel fotovoltaico com sistema tracker seguidor solar. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2017. Disponível em:

<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1695/1/BLASZCZAK.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2026.

BORGES, Cristiene Chaves; DICKMAN, Adriana Gomes; VERTCHENKO Lev. Uma aula sobre conversão de energia utilizando bicicleta, motor, alternador e lâmpada. Belo Horizonte, MG: PUC, 2017. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0215>. Acesso em: 25 jun. 2025.

BP - British Petroleum. *Statistical Review of World Energy*. London, Jun. 2017.

Disponível em:

<http://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018.

CAVAGNOLI, Rafael. Breve História da Termodinâmica (I): Máquinas Térmicas e a Revolução Industrial. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 47, e20240367, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0367>. Acesso em: 28 out. 2025.

CENTEC (Instituto Centro de Ensino Tecnológico). Inspirado no girassol, sistema desenvolvido na Fatec Cariri visa melhorar eficiência de placas de energia solar. 23 maio 2024. Disponível em:

<https://www.centec.org.br/inspirado-no-girassol-sistema-desenvolvido-na-fatec-cariri-visa-melhorar-eficiencia-de-placas-de-energia-solar/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

COTINGUIBA, Jorge Raphael Rodrigues de Oliveira. O efeito fotoelétrico: uma demonstração de que a experiência não leva ao conhecimento da “verdade”. 2022. 103 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2022. Disponível em:

<https://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wp-content/uploads/2022/11/Dissertação-versao-aprovada-pela-banca-Jorge-1.pdf>. Acesso em: 14 out. 2025.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional (BEN) 2025. Brasília: EPE, 2025. Disponível em:

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_Síntese_2025_PT.pdf. Acesso em: 17 jun. 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro: Nota Técnica DEA 19/14, 2014.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Plano Decenal de Expansão de Energia 2029. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202029.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa . - 4. e d. - São Paulo : Atlas, 2002. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em 05 jul. 2025.

GIL, Francisco J. Gómez et al. A review of solar tracker patents in Spain. In: WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY SOURCES, 3., 2009, Tenerife-Espanha, p. 292–297. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/265013948_A_review_of_solar_tracker_patents_in_Spain. Acesso em 05 jan 2026.

GUIA SOLAR - Prof. Marcelo G Villalva. Rastreadores solares e métodos de cálculo da posição solar - Inscreva-se no canal!. Palestrante: Karen Barbosa de Melo.

YouTube, 12 nov. 2021. Disponível em:

<https://youtu.be/IID0z4xXXZs?si=Kz2XM2JMPZyrMrQt>. Acesso em: 27 nov. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Solar PV is set to become the largest renewable energy source by 2029. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>. Acesso em: 22 jun. 2025.

JÚNIOR, Antonio Carlos Lemos. Et al. Rastreador solar e comparação de eficiência na geração fotovoltaica. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 08, Vol. 13, pp. 44-62. Agosto de 2020. ISSN: 2448-0959, Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/rastreador-solar>. Acesso em: 29 out. 2025

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina De Andrade. Metodologia Científica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1992. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/131573171/27945286-MetodologiaCientifica-Lakatos-e-Marconi-pdf>. Acesso em: 01 jul. 2025.

Ministério de Minas e Energia (Brasil). *Balanço Energético Nacional 2025*. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2025. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/livro-ben/>. Acesso em: 03 jul. 2025.

MORAES FILHO, Lazaro Barbosa; BARROS, Rafael Henrique Porto. Estudo comparativo da geração de energia fotovoltaica em diferentes períodos anuais. Goiânia, GO: PUC, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/6217>. Acesso em: 27 jun. 2025.

MOREIRA, Marco Antonio. Teorias de aprendizagem. São Paulo: E.P.U., 1999.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica 4: Ótica Relatividade Física Moderna. - 2. ed. - São Paulo. Blucher, 2014.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica 2: Fluidos Oscilações e Ondas Calor. - 5. ed. - São Paulo. Blucher, 2014.

OLIVEIRA, Jéssica Rayane Hernandez de. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 1945–1954, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i3.9030. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/9030>. Acesso em: 28 jun. 2025.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Engenharia de sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Fraunhofer/Cresesb, 2014.

PIRES, Antonio S. T. Evolução das Ideias da Física. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PORTAL SOLAR. **Efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico**. [S. l.], 2026. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/efeito-fotoeletrico-efeito-fotovoltaico>. Acesso em: 05 dez. 2025.

PORTAL SOLAR. **Entenda como funciona o Seguidor Solar (Tracker)**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/entenda-como-funciona-o-seguidor-solar-tracker>.

Acesso em: 9 dez. 2025.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

ROGERS, Carl. Liberdade para aprender. Tradução de Edgar de Godói da Mata Machado, Márcio Paulo de Andrade. 2. ed. Belo Horizonte/MG: Editora Vozes, 1972.

SANTOS, Eduardo de Carvalho. **Rastreador solar de eixo duplo**: um estudo para a otimização da energia solar fotovoltaica no Brasil. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021. Disponível em:

<https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/23346/TCC%20-%20Versao%20FINAL%20-%20Ajustado.pdf?sequence=1>. Acesso em 26 dez. 2025.

SANTOS, Roberta Coelho. Geração distribuída Brasil: perspectivas para a expansão da energia solar. BRASÍLIA. Enap, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3547/1/Roberta%20Coelho%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2025.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR., John W. Física para cientistas e engenheiros. Tradução de EZ2 Translate. Revisão técnica de Carlos Roberto Grandini. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. v. 2.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2024.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1.

VILLALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

WEISS, M. et al. Como o desenvolvimento econômico impactou nos padrões de consumo de energia das famílias brasileiras entre 2002 e 2008? Ensaio Energético, 25 mar. 2021. Disponível em:

<https://ensaioenergetico.com.br/como-o-desenvolvimento-economico-impactou-nos-padroes-de-consumo-de-energia-das-familias-brasileiras-entre-2002-e-2008/>.

Acesso em: 1 dez. 2025.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física universitária: termodinâmica e ondas. Colaboração de A. Lewis Ford. Tradução de Daniel Vieira. Revisão técnica de Adir Moysés Luiz. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016. v. 2.

ANEXOS

ANEXO A – Código de Funcionamento do Rastreador Solar do site Usinainfo

```
#include <Servo.h>           // Inclui a Biblioteca

Servo Horizontal;           // Inicia o Servo da Horizontal
Servo Vertical;             // Inicia o Servo da Vertical

int ServoHorizontal = 90;    // Estabelece valor fixo à ServoHorizontal
int ServoVertical = 90;     // Estabelece valor fixo à ServoVertical

int LimiteServoHorizontalMax = 180; // Estabelece os limites de rotação
int LimiteServoHorizontalMin = 65;  // Estabelece os limites de rotação

int LimiteServoVerticalMax = 120;   // Estabelece os limites de rotação
int LimiteServoVerticalMin = 15;    // Estabelece os limites de rotação

int LDRDC = A0;               // Inicia LDRDC no pino A0
int LDRDB = A1;               // Inicia LDRDB no pino A1
int LDREC = A2;               // Inicia LDREC no pino A2
int LDREB = A3;               // Inicia LDREB no pino A3

void setup() {
    Horizontal.attach(3);      // Inicia servo Horizontal na porta D3
    Vertical.attach(5);        // Inicia servo Vertical na porta D5

    Horizontal.write(180);     // Inicia servo Horizontal na posição 180
    Vertical.write(45);        // Inicia servo Horizontal na posição 45
    delay(3000);               // Aguarda 3 segundos
}

void loop() {
    int LDC = analogRead(LDRDC); // Leitura Analógica do LDR Direita
    Cima

    int LEC = analogRead(LDREC); // Leitura Analógica do LDR
    Esquerda Cima

    int LDB = analogRead(LDRDB); // Leitura Analógica do LDR Direita
    Baixo

    int LEB = analogRead(LDREB); // Leitura Analógica do LDR
    Esquerda Baixo
}
```

```

int tol = 50;

int ValorSup = (LDC + LEC) / 2;    // Média da leitura dos LDR
superior
int ValorInf = (LDB + LEB) / 2;    // Média da leitura dos LDR
inferior
int ValorDir = (LDC + LDB) / 2;    // Média da leitura dos LDR da
direita
int ValorEsq = (LEC + LEB) / 2;    // Média da leitura dos LDR da
esquerda

int DifSupInf = ValorSup - ValorInf;    // Diferença entre LED
superior e inferior
int DifDirEsq = ValorDir - ValorEsq;    // Diferença entre LED
direita e esquerda

/*-----*/

// Realiza a leitura e executa os movimentos referente ao Servo
Vertical
if (-1 * tol > DifSupInf || DifSupInf > tol) {
    if (ValorSup > ValorInf) {
        ServoVertical = ++ServoVertical;
        if (ServoVertical > LimiteServoVerticalMax) {
            ServoVertical = LimiteServoVerticalMax;
        }
    }
    else if (ValorSup < ValorInf) {
        ServoVertical = --ServoVertical;
        if (ServoVertical < LimiteServoVerticalMin) {
            ServoVertical = LimiteServoVerticalMin;
        }
    }
    Vertical.write(ServoVertical);
}

// Realiza a leitura e executa os movimentos referente ao Servo
Horizontal
if (-1 * tol > DifDirEsq || DifDirEsq > tol) {
    if (ValorDir > ValorEsq) {
        ServoHorizontal = --ServoHorizontal;
        if (ServoHorizontal < LimiteServoHorizontalMin) {
            ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMin;
        }
    }
    else if (ValorDir < ValorEsq) {
        ServoHorizontal = ++ServoHorizontal;
        if (ServoHorizontal > LimiteServoHorizontalMax) {
            ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMax;
        }
    }
    Horizontal.write(ServoHorizontal);
}

```

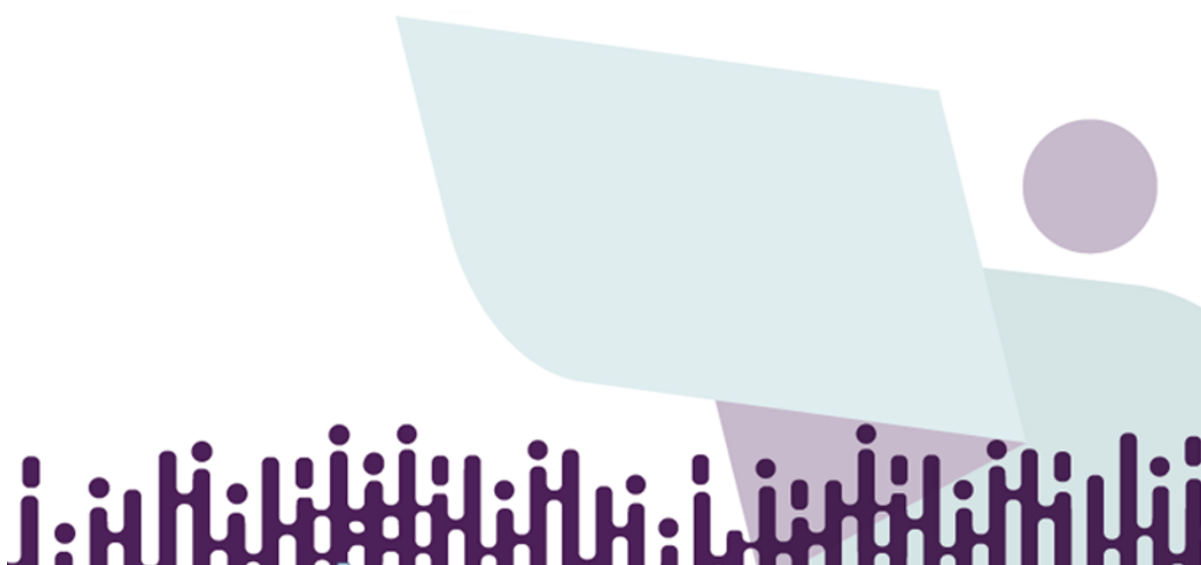
```
    }  
  }  
  else if (ValorDir < ValorEsq) {  
    ServoHorizontal = ++ServoHorizontal;  
    if (ServoHorizontal > LimiteServoHorizontalMax) {  
      ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMax;  
    }  
  }  
  else if (ValorDir = ValorEsq) {  
  }  
  Horizontal.write(ServoHorizontal);  
}  
  
delay(100); // Aguarda 0,1 segundo  
}
```

ANEXO B – Manual de montagem do rastreador



Manual de Montagem

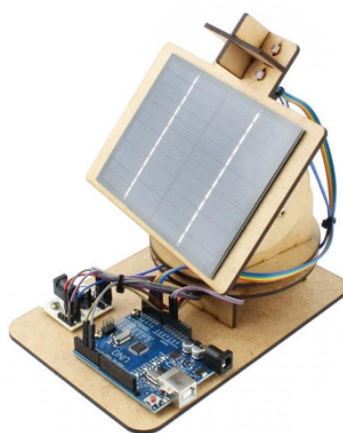
Rastreador Solar Arduino Solis Completo



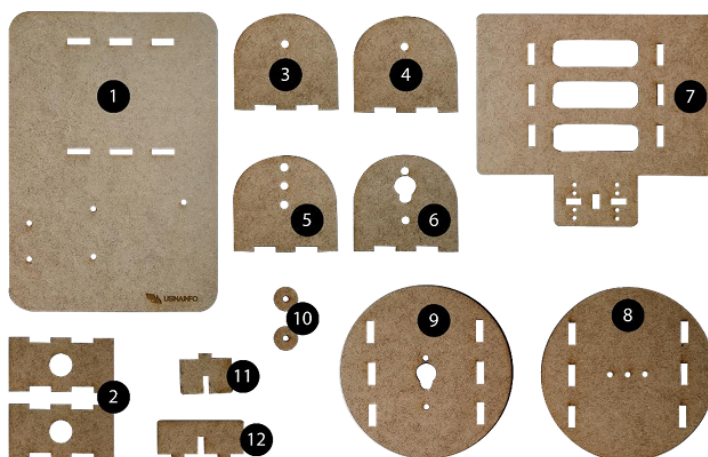
2

Peças que formam o kit

O Rastreador Solar Arduino Solis Completo é desenvolvido especialmente para utilização em feiras de escolas e universidades. Ele possui um painel solar instalado em mecanismos que possuem possibilidade de movimentos horizontais e verticais, além de um conjunto de resistores dependentes de luz que permitem ao conjunto definir a melhor posição solar, de forma a ter melhor aproveitamento de energia.



Ele é formado a partir de um conjunto com diversas peças que devem ser observadas para montagem correta. Antes de prosseguir verifique com atenção a numeração de cada peça ou conjunto de peças. Vale lembrar que parafusos e espaçadores acompanham apenas o modelo completo.



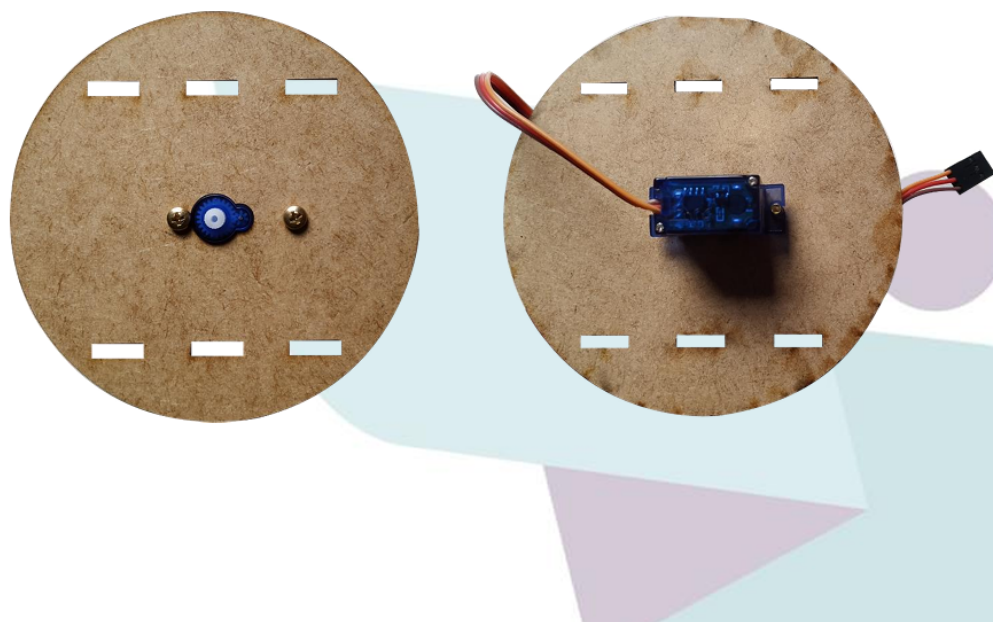
3

Montagem da Engrenagem

Para dar início a montagem vamos começar pegando as peças 1 e 2, encaixando uma na outra, conforme imagem abaixo. Os encaixes são firmes, por isso podem exigir que você bata com a palma da mão.



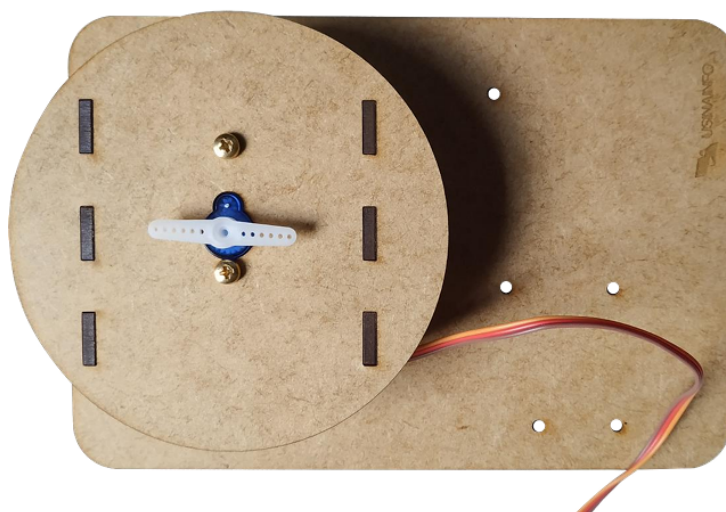
Na sequência, pegue a peça 9 e instale o servo SG90 (acompanha somente o kit completo), fixando com parafusos M3 x 10mm, fazendo a rosca diretamente na lateral do servo, conforme imagem abaixo.



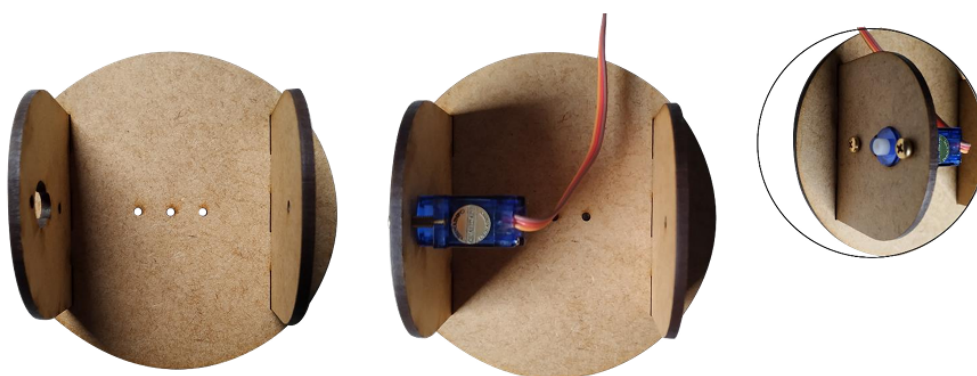
4

Montagem da Estrutura e Fixação

Após, encaixe as duas partes que você montou nos passos anteriores, lembre-se de instalar a haste com 20mm que acompanha o servo SG90.



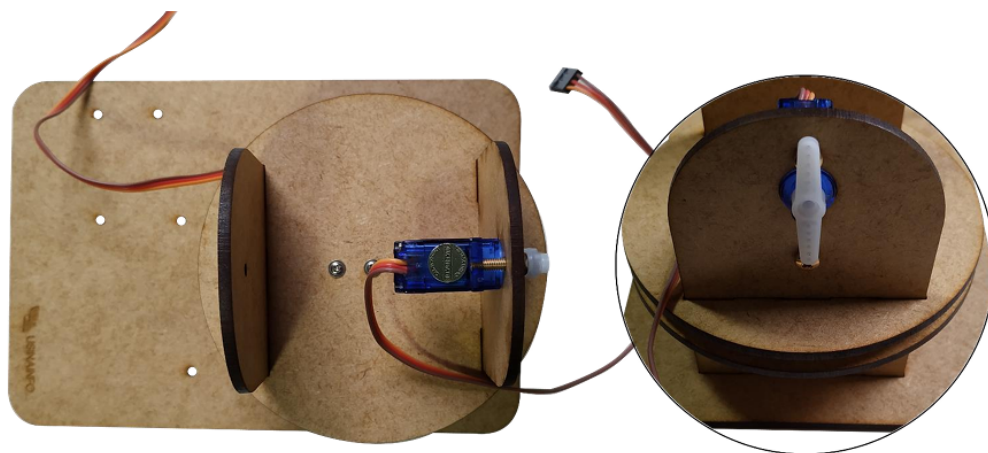
Dando seguimento a montagem, pegue as peças 4, 6 e 8 encaixando conforme imagem abaixo, fixe também um servo SG90 por meio de parafusos M3 x 10mm, fazendo a rosca diretamente no servo.



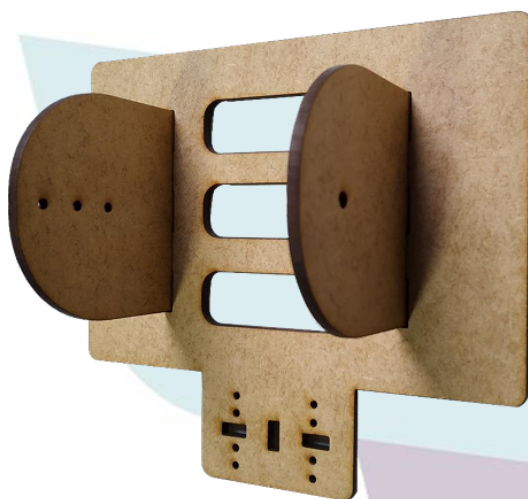
5

Montagem da Estrutura e Fixação

Nessa etapa vamos pegar as ultimas duas partes pontadas e fixar bem no centro da peça por meio de 2 parafusos pontiagudos que acompanham o servo, conforme primeira imagem. Instale também a haste com 20mm de comprimento inclusa no kit do servo, conforme segunda imagem.



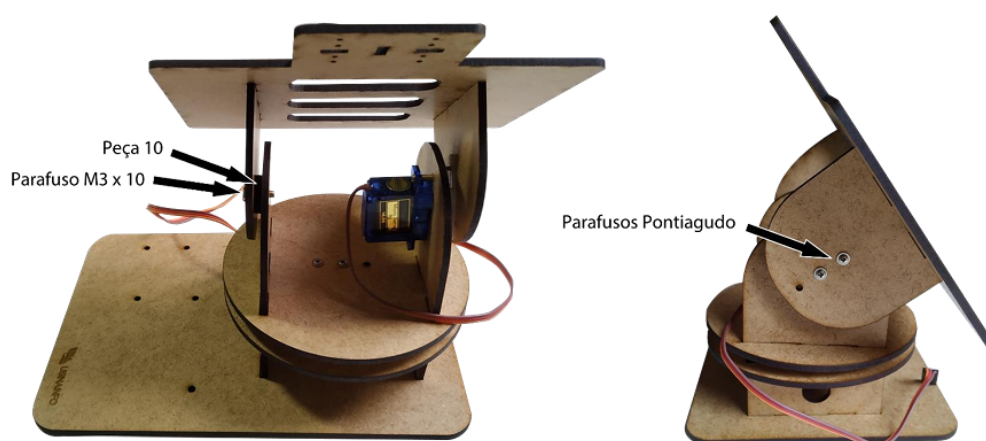
O próximo passo é montar a estrutura onde o mini painel será fixado, para isso, pegue as peças 3, 5 e 7 e encaixe conforme a imagem abaixo.



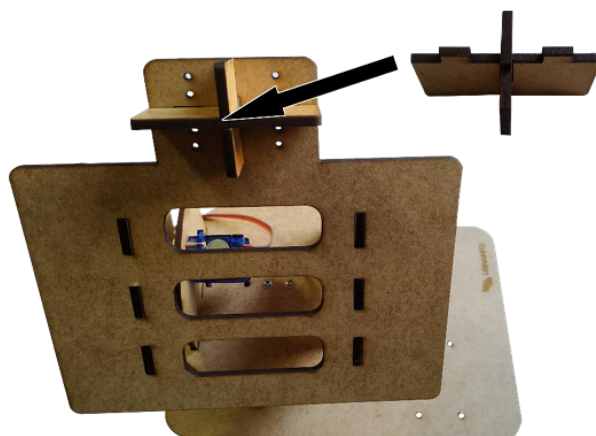
6

Montagem da Estrutura e Fixação

Nessa reta final da montagem vamos encaixar a região para instalação do painel solar com o restante da base que já montamos até aqui. Para isso observe atentamente as imagens abaixo, fixando o lado esquerdo com 1 parafuso M3 x 10 e 1 espaçador (Peça 10). No lado direito fixe com dois parafusos pontiagudos que acompanham o servo. Agora a estrutura está montada.



Agora pegue as peças 11 e 12 e encaixe em formato de cruz, após basta encaixar na estrutura.

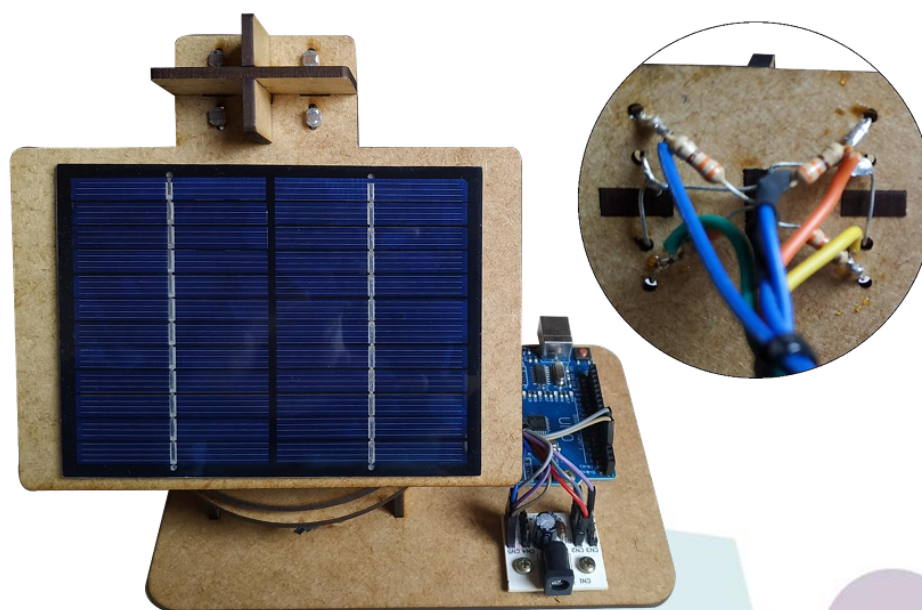


7

Montagem da Parte Eletrônica

Em nosso blog possuímos o projeto “RASTREADOR SOLAR COM ARDUINO – UM SEGUIDOR SOLAR ATRAVÉS”, ali você encontra o esquema de ligação e códigos de programação, acesse: <https://www.usinainfo.com.br/blog/rastreador-solar-com-arduino-um-seguidor-solar-atraves-de-ldr/>

Abaixo colocamos uma imagem que permite ver mais detalhadamente os locais de cada dispositivo e a forma que foram fixados. O painel é fixado com uma fita dupla face, o Arduino e o regulador de tensão são fixados com parafusos e rosca direta no MDF. Os LDRs exigem soldagem com estanho, em nosso blog você encontra mais detalhes.





USINA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E IMPORTAÇÃO
DE PRODUTOS DE INFORMÁTICA LTDA.
CNPJ: 07.182.837/0001-48

R. Marechal Floriano, 2183
CEP: 98803-275
Santo Ângelo/RS
Tel.: (55) 3313-2778
E-mail: contato@usinainfo.com.br
www.usinainfo.com.br



APÊNDICES

APÊNDICE A - Código do rastreador modificado

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <OneWire.h>
#include <RTCLib.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Stepper.h>
#include <Firmata.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <TimeLib.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

File myFile; // Para a
criação do arquivo de dados

Adafruit_INA219 ina219a (0x40); // Cria o
objeto para o sensor da carga 1 (alimentada pela placa plana)

Adafruit_INA219 ina219b (0x41); // Cria o
objeto para o sensor da carga 2 (alimentada pela placa do rastreador)

RTC_DS3231 rtc; // Cria o
objeto rtc

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Cria o
objeto para o LCD no endereço 0x27 de 16 caracteres e 2 linhas

const int ppv = 64; // passos por
volta
const float gpp = 0.1757815; // graus por
passo

int AziMin = 0; // Ângulo

```

```

mínimo para o azimuth
int AziAtual = 15; // Ângulo a ser
atualizado para o azimuth
int AziMax = 30; // Ângulo
máximo para o azimuth

int EleMin = 0; // Ângulo
mínimo para a elevação
int EleAtual = 15; // Ângulo a ser
atualizado para a elevação
int EleMax = 30; // Ângulo
máximo para a elevação

int npa = 0; // número de
passos para o azimuth
int npe = 0; // número de
passos para a elevação

float azimuth=0.0; // variável
para guardar os valores do azimuth
float elevacao=0.0; // variável
para guardar os valores da elevacao

Stepper motor_azimuth(ppv, 4, 6, 5, 7); // Instanciando
o motor do azimuth
Stepper motor_elevacao(ppv, 8, 10, 9, 11); // Instanciando
o motor da elevacao

int LDR1 = A0; // Inicia LDR1
(lilás) no pino A0
int LDR2 = A1; // Inicia LDR2
(azul) no pino A1
int LDR3 = A2; // Inicia LDR3
(branco) no pino A2
int LDR4 = A3; // Inicia LDR4
(verde) no pino A3

float deltat = 0.0;
float tempo = 0.0;

```

```

float ec1 = 0.0;
float ec2 = 0.0;

void setup() {

    Serial.begin(9600);
    Wire.begin();
    rtc.begin(); //
    Inicializa o sensor RTC DS3231
    rtc.adjust( DateTime (F(__DATE__), F(__TIME__) ) ); //
    Ajuste automático de data e hora
    //rtc.adjust( DateTime (2025, 23, 11, 01, 13, 00) ); //
    Ajuste manual de data e hora
    lcd.init(); //
    Inicializa o LCD
    lcd.backlight();

    motor_azimute.setSpeed(250); //
    Defina a velocidade dos motores (em RPM)
    motor_elevacao.setSpeed(250);

    Serial.println("Verificando o sensor de corrente 1...");
    if (!ina219a.begin()) {
        Serial.println("[AVISO]: O sensor de corrente 1 não foi detectado
ou está com defeito. Por favor, verifique isso");
        while (1000);
    }
    Serial.println("Sensor de corrente 1 detectado e ok!");
    delay(1000);

    Serial.println("Verificando o sensor de corrente 2...");
    if (!ina219b.begin()) {
        Serial.println("[AVISO]: O sensor de corrente 2 não foi detectado
ou está com defeito. Por favor, verifique isso");
        while (1000);
    }
    Serial.println("Sensor de corrente 2 detectado e ok!");
    delay(1000);

```

```

    Serial.println("Verificando o SD card...");
    if (!SD.begin(53)) {
        Serial.println("[AVISO]: O SD card nao foi detectado ou está com
defeito. Por favor, verifique isso antes de coletar os dados");
        while (1000);
    }
    Serial.println("SD card detectado e ok!");
    delay(1000);
}

void loop() {

    Serial.println("-----
-----");

    DateTime now1 = rtc.now(); // Imprime a
data (dia, mês, ano), a hora (hora, minutos, segundos) e a temperatura
Temp1 (RTC DS3231)

    Serial.print("Data da coleta: ");
    Serial.print(now1.day(), DEC); // Imprime o
dia
    Serial.print("/"); // Imprime
uma barra
    Serial.print(now1.month(), DEC); // Imprime o
mês
    Serial.print("/"); // Imprime
uma barra
    Serial.print(now1.year(), DEC); // Imprime o
ano

    Serial.println(); // Quebra de
linha
    Serial.print("Temperatura [°C]: ");
    Serial.print(rtc.getTemperature(), 1); // Imprime a
temperatura do ambiente via RTC DS3231
    Serial.println();

    Serial.print("Hora do início do ciclo da coleta: ");

```

```

    Serial.print(now1.hour(), DEC); // Imprime a
hora
    Serial.print(":"); // Imprime
dois pontos
    Serial.print(now1.minute(), DEC); // Imprime
os minutos
    Serial.print(":"); // Imprime
dois pontos
    Serial.print(now1.second(), DEC); // Imprime
os segundos
    Serial.println(); // Quebra de
linha

    // ----- Início do movimento dos motores
    -----

    int L1 = analogRead(LDR1); // Leitura
Analógica do LDR superior esquerdo (lilás)
    int L2 = analogRead(LDR2); // Leitura
Analógica do LDR superior direito (azul)
    int L3 = analogRead(LDR3); // Leitura
Analógica do LDR inferior esquerdo (branco)
    int L4 = analogRead(LDR4); // Leitura
Analógica do LDR inferior direito (verde)

    int MediaDir = (L2 + L4) / 2; // Média da
leitura dos LDRs da direita
    int MediaEsq = (L1 + L3) / 2; // Média da
leitura dos LDRs da esquerda
    int MediaSup = (L1 + L2) / 2; // Média da
leitura dos LDRs superiores
    int MediaInf = (L3 + L4) / 2; // Média da
leitura dos LDRs inferiores

    int DifDirEsq = MediaDir - MediaEsq; // Diferença
entre as médias das leituras direita e esquerda
    int DifSupInf = MediaSup - MediaInf; // Diferença
entre as médias das leituras superior e inferior

    int tol = 10;

```

```

// Executa os movimentos do motor do azimuth

if (-1 * tol > DifDirEsq || DifDirEsq > tol) {

    if (MediaDir > MediaEsq) {
        AziAtual = ++AziAtual;
        if (AziAtual > AziMax) {
            AziAtual = AziMax;
        }

        npa = (int)round( (float)(AziAtual) / gpp );
        motor_azimute.step(npa);
        azimuth = (float)AziAtual;
    }

    else if (MediaDir < MediaEsq) {
        AziAtual = --AziAtual;
        if (AziAtual < AziMin) {
            AziAtual = AziMin;
        }

        npa = (int)round( (float)(AziAtual) / gpp );
        motor_azimute.step(-npa);
        azimuth = (float)AziAtual;
        delay(100);
    }

    else if (MediaDir = MediaEsq) {
        AziAtual = AziAtual;
        azimuth = (float)AziAtual;
    }
}

// Executa os movimentos do motor da elevação

if (-1 * tol > DifSupInf || DifSupInf > tol) {

    if (MediaSup > MediaInf) {
        EleAtual = ++EleAtual;
        if (EleAtual > EleMax) {
            EleAtual = EleMax;
        }
    }
}

```

```

    npe = (int)round( (float)(EleAtual) / gpp );
    motor_elevacao.step(npe);
    elevacao = (float)EleAtual;
}

else if (MediaSup < MediaInf) {
    EleAtual = --EleAtual;
    if (EleAtual < EleMin) {
        EleAtual = EleMin;
    }

    npe = (int)round( (float)(EleAtual) / gpp );
    motor_elevacao.step(-npe);
    elevacao = (float)EleAtual;
    delay(100);
}

else if (MediaSup = MediaInf) {
    EleAtual = EleAtual;
    elevacao = (float)EleAtual;
}

}

//delay(100);

Serial.print("Azimute (graus decimais): ");
Serial.println(azimute, 1);
Serial.print("Elevação (graus decimais): ");
Serial.println(elevacao, 1);

// ----- Fim do movimento
dos motores -----

float shuntvoltage1 = 0;
float busvoltage1 = 0;
float current1_mA = 0;
float loadvoltage1 = 0;
float power1_mW = 0;

```

```

float shuntvoltage2 = 0;
float busvoltage2 = 0;
float current2_mA = 0;
float loadvoltage2 = 0;
float power2_mW = 0;

shuntvoltage1 = ina219a.getShuntVoltage_mV();
busvoltage1 = ina219a.getBusVoltage_V();
current1_mA = ina219a.getCurrent_mA();
power1_mW = ina219a.getPower_mW();
loadvoltage1 = busvoltage1 + (shuntvoltage1 / 1000);

shuntvoltage2 = ina219b.getShuntVoltage_mV();
busvoltage2 = ina219b.getBusVoltage_V();
current2_mA = ina219b.getCurrent_mA();
power2_mW = ina219b.getPower_mW();
loadvoltage2 = busvoltage2 + (shuntvoltage2 / 1000);

delay(3000);

DateTime now2 = rtc.now();

TimeSpan ts = now2 - now1;                                     // Subtrai os
objetos DateTime para obter um TimeSpan

int32_t totalSegundos = ts.totalseconds();                     // Obtém o
total de segundos transcorridos no TimeSpan

deltat = (float)totalSegundos;                                  // Obtém o
intervalo de tempo entre o início e o fim do ciclo

tempo = tempo + deltat;

ec1 = ec1 + (power1_mW / 1000.0) * deltat;                     // Energia
total coletada na carga 1 (aqui em J)

ec2 = ec2 + (power2_mW / 1000.0) * deltat;                     // Energia
total coletada na carga 2 (aqui em J)

Serial.print("Tensão na carga 1      (V): ");
Serial.println(loadvoltage1);
Serial.print("Tensão na carga 2      (V): ");

```

```

Serial.println(loadvoltage2);

Serial.print("Corrente na carga 1 (mA): ");
Serial.println(current1_mA);
Serial.print("Corrente na carga 2 (mA): ");
Serial.println(current2_mA);

Serial.print("Potência na carga 1 (mW): ");
Serial.println(power1_mW);
Serial.print("Potência na carga 2 (mW): ");
Serial.println(power2_mW);

Serial.print("Hora do fim do ciclo da coleta: ");
Serial.print(now2.hour(), DEC); // Imprime a
hora
Serial.print(":"); // Imprime dois
pontos
Serial.print(now2.minute(), DEC); // Imprime os
minutos
Serial.print(":"); // Imprime dois
pontos
Serial.println(now2.second(), DEC); // Imprime os
segundos
Serial.print("Tempo de coleta do ciclo [s]: ");
Serial.println(deltat, 8); // Imprime o
tempo do ciclo
Serial.print("Tempo contínuo [s]: ");
Serial.println(tempo, 8); // Imprime o
tempo contínuo

Serial.print("Energia total coletada 1 [J]: ");
Serial.println(ec1, 8); // Energia
coletada 1 na carga 1 (aqui J)
Serial.print("Energia total coletada 2 [J]: ");
Serial.println(ec2, 8); // Energia
coletada 2 na carga 2 (aqui J)

lcd.setCursor(0,0); // Leva o
cursor para o primeiro caracter da linha 1 do LCD
lcd.print("EC1:"); // Escreve a
expressão "EC1:" utilizando os quatro primeiros caracteres da linha 1
do LCD

```

```

    lcd.setCursor(5,0); // Leva o
cursor para o quinto caracter da linha 1 do LCD
    lcd.print(ec1, 1); // Faz a
leitura da corrente 1 consumida na carga 1 (plana) e escreve o
resultado a partir do quarto caracter da linha 1 do LCD
    lcd.setCursor(13,0); // Leva o
cursor para o décimo terceiro caracter da linha 1 do LCD
    lcd.print("J"); // Escreve o
símbolo mA a partir no décimo quarto caracter da linha 1 do LCD

    lcd.setCursor(0,1); // Leva o
cursor para o primeiro caracter da linha 1 do LCD
    lcd.print("EC2:"); // Escreve a
expressão "EC1:" utilizando os quatro primeiros caracteres da linha 1
do LCD
    lcd.setCursor(5,1); // Leva o
cursor para o quinto caracter da linha 1 do LCD
    lcd.print(ec2, 1); // Faz a
leitura da corrente 1 consumida na carga 1 (plana) e escreve o
resultado a partir do quarto caracter da linha 1 do LCD
    lcd.setCursor(13,1); // Leva o
cursor para o décimo terceiro caracter da linha 1 do LCD
    lcd.print("J"); // Escreve o
símbolo mA a partir no décimo quarto caracter da linha 1 do LCD

// ----- Gravando os dados sobre a coleta
de energia no arquivo dados.dat
-----

myFile = SD.open("dados.dat", FILE_WRITE);

if (myFile) {

    Serial.println("Escrevendo no arquivo dados.dat...");
    Serial.print(tempo, 1);
    Serial.print("  ");
    Serial.print(ec1, 1);
    Serial.print("  ");
    Serial.println(ec2, 1);
    myFile.print(tempo, 1);
    myFile.print("  ");

```

```

myFile.print(ec1, 1);
myFile.print("  ");
myFile.println(ec2, 1);

// feche o arquivo:
myFile.close();
Serial.println("Gravacao dos dados realizada com sucesso!");
Serial.println("");
Serial.println("");
}
else {
// se o arquivo não abrir, mostre o aviso:
Serial.println("[AVISO:] Nao foi possivel abrir o arquivo ou o
mesmo está corrompido. Por favor verifique isso!");
Serial.println("");
Serial.println("");

Serial.println("-----
-----
-----");

}

//delay(1000);

}

```

APÊNDICE B - Sequência didática

1º Plano de Aula

Nome dos Professores: Fabiano dos Santos Sousa

Ensino Fundamental/médio:

Disciplina: Física

Tempo estimado da aula: 2 horas

Data:

Objetivo(s):

- Compreender o conceito de conversão de energia.
- Identificar diferentes tipos de energia e suas transformações.
- Analisar exemplos do cotidiano onde ocorrem conversões de energia.
- Desenvolver raciocínio crítico sobre a eficiência e impacto ambiental das transformações energéticas.

Tema da aula/Conteúdo (Eixo Temático): Conversão de Energia.

Conhecimentos Prévios Necessários: Para a compressão da aula, os estudantes devem compreender o que é energia de forma geral, mesmo que de maneira intuitiva. Reconhecer que a energia está presente em diversas atividades do cotidiano, como luz, movimento e calor. Conhecer de forma geral o que são fontes de energia renováveis e não renováveis, mesmo que de forma superficial

Competências/Habilidades Mobilizadas na Aula:

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

Metodologia:

A aula deve ser iniciada com por meio de uma pergunta: “De onde vem a energia que usamos no dia a dia?”. Essa questão será usada para promover e gerar o máximo de ideias criativas, incentivando os estudantes a listar exemplos de uso de energia em suas rotinas, como luz, movimento e calor. Após essa atividade, poderá ser apresentado o objetivo principal da aula, que é compreender como a energia é transformada de uma forma para outra, promovendo assim uma conexão com o conteúdo que será explorado.

Na sequência, o professor dedicará cerca de 15 minutos à conceituação, explicando de forma clara e acessível o conceito de energia e abordando a Lei da Conservação de Energia, destacando que a energia não se cria nem se destrói, apenas se transforma. Introduzindo também o conceito de conversão de energia, ilustrando com exemplos básicos, como uma lâmpada, que transforma energia

elétrica em luz e calor, e um carro, que converte energia química do combustível em energia cinética, as placas solares fotovoltaicas.

Em seguida, será apresentado exemplos do cotidiano por meio de vídeos ou imagens ilustrativas, como usinas hidrelétricas, motores de carros, cozinhas a gás e painéis solares. Durante essa etapa, será discutido cada exemplo, enfatizando as transformações de energia envolvidas, para que os alunos possam relacionar os conceitos teóricos com situações reais do seu dia a dia.

Por fim, o professor pode solicitar aos alunos que pesquisem sobre diferentes fontes de energia: renováveis (solar, eólica, hidrelétrica) e não renováveis (petróleo, carvão, gás). de forma a compararr sobre a eficiência e os impactos ambientais de cada uma, então verificar qual fonte de energia é mais sustentável e por quê?"

Recursos didáticos:

- Quadro branco e marcadores
- Slides ou slides impressos
- Vídeos curtos demonstrando conversões de energia
- Imagens ilustrativas de fontes de energia e dispositivos de conversão

Avaliação: A avaliação será contínua e formativa, considerando a participação dos alunos durante a aula

Referências:

Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/bncc_ensino_medio.pdf. Acesso em: 01 de Dezembro de 2025.

2º Plano de Aula

Nome dos Professores: Fabiano dos Santos Sousa

Ensino Fundamental/médio:

Disciplina: Física

Tempo estimado da aula: 3 horas

Data:

Objetivo(s):

- Compreender como ocorre a conversão de energia solar em energia elétrica.
- Identificar o papel de um rastreador solar na otimização da captação de energia.
- Relacionar intensidade luminosa, posição angular e potência elétrica gerada.

Tema da aula/Conteúdo (Eixo Temático): Conversão de Energia.

Conhecimentos Prévios Necessários: Para a compressão da aula, os estudantes devem ter alguma noção sobre o funcionamento de um painel solar simples, como também a capacidade de registrar dados experimentais de forma organizada e interpretar resultados apresentados em tabelas ou gráficos.

Competências/Habilidades Mobilizadas na Aula:

(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

Metodologia:

A aula deve ser iniciada com uma problematização que dura aproximadamente 10 minutos. Nesse momento, a proposta inicial é apresentar a seguinte pergunta: “Como aumentar a produção de energia de um painel solar sem aumentar seu tamanho?” Essa questão visa estimular a reflexão dos estudantes sobre fatores que influenciam o desempenho de painéis solares. Para isso, o professor promoverá um debate abordando temas como o ângulo de incidência da luz, a sombra, o horário do dia e as condições climáticas, incentivando os alunos a pensarem em soluções e conceitos relacionados à eficiência energética.

Em seguida, será cerca de 10 minutos o professor fará a demonstração do equipamento do rastreador solar, apresentando o dispositivo, explicando seu funcionamento: os fotossensores, conhecidos como LDRs, detectam a direção da maior intensidade luminosa, enquanto um microcontrolador e um servo motor reposicionam o painel solar. Essa movimentação automática permite que o painel permaneça perpendicular aos raios solares ao longo do dia.

Depois, o professor pode realizar um experimento com os alunos que dura aproximadamente de 30 a 50 minutos. Com o rastreador ativo, o professor ligará os multímetros nos polos da placa solar, e então os estudantes terão que medir a tensão e a corrente elétrica gerada pelo painel em duas situações distintas: uma com o painel em uma posição fixa e outra com o painel alinhado pelo rastreador em direção à luz, na posição de maior incidência (por exemplo, 90°). Os valores coletados terão que ser registrados em duas tabelas, uma para o rastreador e outra para a placa fixa, podendo reunir os alunos em duplas ou grupos, para facilitar a análise. A tabela tem que está incluindo colunas para a tensão, a corrente e a potência em miliwatts (mW).

Por fim, serão reservados aproximadamente 20 minutos para uma discussão em grupo. Nesse momento, os alunos irão refletir sobre o motivo pelo qual a potência gerada aumenta quando o painel está alinhado com a incidência da luz solar. Espera-se que percebam que essa variação se deve à mudança na quantidade de energia disponível, que depende do ângulo entre o raio solar e a superfície do painel. Essa reflexão contribui para consolidar o entendimento dos conceitos físicos envolvidos e ressalta a importância do rastreamento solar para a otimização da eficiência dos painéis solares.

Recursos didáticos: Rastreador solar, multímetros, folhas A4, lápis, caneta.

Avaliação: Será considerada a participação dos estudantes na análise dos dados, a qualidade de suas contribuições na discussão, sua capacidade de relacionar os conceitos aprendidos com a prática e a reflexão final.

Referências:

Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/bncc_ensino_medio.pdf. Acesso em: 01 de Dezembro de 2025.