



SEGUIDOR SOLAR AUTOMATIZADO: UMA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6156

Autores: JONATHAN FEITOSA MARTINS DE SOUSA, MIQUÉIAS DE JESUS SILVA, LEYNASION MARHONY NOGUEIRA NORONHA, WAGNER CRISTOVÃO SAES MARTINS FILHO, THAMYRIS DA SILVA EVANGELISTA, FERNANDO DE GUSMÃO COUTINHO

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um seguidor solar automatizado de dois eixos como ferramenta prática de ensino para estudantes de Engenharia Elétrica. O protótipo foi construído com estrutura em MDF e circuitos analógicos baseados em transistores bipolares (TBJ) e sensores LDR, possibilitando o rastreamento automático da luz solar. O projeto foi modelado em 3D, implementado com motores elétricos e testado sob diferentes condições de iluminação. A atividade integrou conteúdos teóricos das disciplinas de Eletrônica Analógica, Automação e Circuitos Elétricos, promovendo a aprendizagem ativa por meio da metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Os resultados demonstraram a eficácia do sistema e o potencial pedagógico da prática, reforçando competências técnicas, criatividade, autonomia e trabalho em equipe.

Palavras-chave: Seguidor solar, Aprendizagem ativa, Ensino de engenharia

SEGUIDOR SOLAR AUTOMATIZADO: UMA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA EM ENGENHARIA ELÉTRICA

1 Introdução

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), publicadas em 2019, o estímulo a atividades que articulem teoria e prática é um dos principais pilares da formação em Engenharia. Esses cursos, por apresentarem uma grade curricular extensa, elevada carga horária e abordagem científica complexa, devem promover aos seus discentes uma formação mais integrada e contextualizada, conectando os desafios reais da sociedade à futura atuação profissional.

Para atender às DCNs de 2019, as abordagens de aprendizagem prática têm ganhado destaque por promoverem a integração entre atividades e disciplinas. Espera-se que o sistema educacional se baseie em práticas inclusivas, que busquem democratizar o acesso ao conhecimento e reformular as formas de ensino e aprendizagem (Ministério da Educação, 2019). Tendências metodológicas que estimulam a criatividade, a autonomia e a interação entre professores e estudantes fortalecem significativamente o aprendizado prático (Moreira e Ribeiro, 2016).

Nesse contexto, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) tem se consolidado como uma ferramenta importante para os docentes que desejam estimular os alunos a resolverem problemas reais enquanto desenvolvem habilidades como comunicação, colaboração e pensamento crítico. Tais metodologias promovem uma postura mais participativa dos estudantes, colocando-os no centro do processo de aprendizagem. Nessa abordagem, o professor atua como mediador e facilitador. Diesel et al. (2017) reforçam essa perspectiva ao afirmar que "as metodologias ativas exigem dos discentes maior dedicação, autonomia e senso de responsabilidade".

Buscando aplicar, na prática, os princípios da ABP, foi proposto aos estudantes do curso de Engenharia Elétrica (FAEEL) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), na disciplina de Eletrônica Analógica, o desenvolvimento de um projeto interdisciplinar. A proposta deveria mobilizar habilidades adquiridas em outras disciplinas do curso, como Automação e Circuitos Elétricos, e incorporar os fundamentos da abordagem metodológica ativa. Os discentes optaram por desenvolver um rastreador solar de duplo eixo, movido por motores elétricos e controlado por um circuito analógico composto por transistores bipolares de junção (TBJ), resistores e fotoresistores (LDR). O principal objetivo foi construir um protótipo capaz de se mover autonomamente em busca da melhor incidência solar, maximizando a captação de energia por meio de uma placa fotovoltaica. Além disso, buscou-se estimular a autonomia dos estudantes desde a definição da proposta até a entrega do protótipo completamente funcional.

Este trabalho está estruturado em quatro seções, nas quais são apresentados: o referencial teórico que embasou a construção do protótipo, a metodologia adotada, os resultados obtidos e, por fim, as considerações finais. Acredita-se que o desenvolvimento deste projeto contribuiu para fomentar, nos discentes, a capacidade de solucionar problemas de forma autônoma — uma habilidade essencial tanto para a atuação profissional quanto para o aprimoramento de competências acadêmicas e técnicas.

2 Metodologia e Materiais Usados

2.1 Metodologia Pedagógica e Contexto da Aplicação

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa-ação, na qual se aplicou uma estratégia de aprendizagem ativa no desenvolvimento de um projeto prático de engenharia. A metodologia é apresentada em duas frentes complementares: a abordagem pedagógica utilizada para conduzir a atividade de ensino e a metodologia técnica empregada no desenvolvimento do protótipo do seguidor solar.

A abordagem pedagógica deste trabalho foi fundamentada nos princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Essa escolha metodológica busca atender às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), que recomendam o estímulo a atividades que articulem teoria e prática para promover uma formação mais integrada e contextualizada aos futuros engenheiros.

A atividade foi proposta aos estudantes do curso de Engenharia Elétrica (FAEEL) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), no contexto da disciplina de Eletrônica Analógica II. A proposta visava mobilizar e integrar habilidades adquiridas na disciplina de Eletrônica Analógica II e outras disciplinas do curso, como Circuitos Elétricos. Dentro dessa abordagem, o professor atuou como mediador e facilitador, e não como um mero transmissor de conhecimento. Essa perspectiva posiciona os discentes como centro do processo de aprendizagem, exigindo deles maior dedicação, autonomia e senso de responsabilidade.

O desenvolvimento do projeto foi estruturado para fomentar a autonomia estudantil desde a fase inicial até a entrega final. O processo pode ser descrito nas seguintes etapas:

1. Definição do Problema: Foi lançada a proposta de um projeto interdisciplinar e, a partir dela, os próprios discentes optaram por desenvolver um rastreador solar de duplo eixo.
2. Desenvolvimento Prático: Os estudantes realizaram a modelagem tridimensional, a definição das dimensões, o corte dos materiais e a implementação dos circuitos eletrônicos.
3. Validação Funcional: Foram realizados testes para simular o funcionamento completo do protótipo, verificando a operação dos motores e a resposta à incidência luminosa para validar o atendimento aos objetivos.\

O propósito da vivência experimental foi o aprofundamento de conteúdos de múltiplas disciplinas e, principalmente, o incentivo ao desenvolvimento de competências essenciais como trabalho em equipe, pensamento crítico e criatividade. A atividade foi concebida para criar as possibilidades para a construção autônoma do conhecimento, reforçando a importância de metodologias ativas no ensino de engenharia.

2.2 Motores

Os motores elétricos desempenham um papel fundamental na conversão de energia elétrica em energia mecânica, sendo amplamente utilizados em aplicações industriais, comerciais e residenciais. Seu funcionamento baseia-se na interação entre os campos magnéticos gerados no estator e no rotor, o que resulta na produção de torque e movimento rotacional (CHAPMAN, 2013). Na Figura 1(a), é apresentado o motor S30K, utilizado neste projeto, que opera com tensão contínua de 12 V. No sistema desenvolvido, dois motores foram

empregados, sendo cada um responsável pelo acionamento de um dos eixos do seguidor solar, permitindo seu movimento em dois graus de liberdade.

Para a transmissão mecânica do movimento, foi utilizado o Kit Redução GT2 3:1 6 mm, um conjunto composto por correia dentada e polias, que permite a redução da velocidade angular e o consequente aumento do torque no eixo acionado. Esse tipo de transmissão é especialmente útil em sistemas que exigem maior precisão e força de movimentação com controle simplificado (JUVINALL; MARSHEK, 2017). A Figura 1(b) apresenta o Kit Redução GT2, com destaque para seus principais componentes mecânicos.

Figura 1 – Motor e kit de redução utilizados no projeto do seguidor solar.



(a) Motor S30k



(b) Kit de Redução GT2

Fonte: Imagem editada de ELETROCASTRO, 2025.

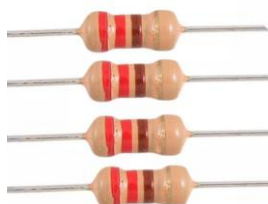
2.3 Resistores e Fotorresistores

Os resistores são componentes fundamentais em circuitos elétricos, projetados para limitar a corrente elétrica, dividir tensões e proteger dispositivos contra sobrecargas. Segundo Boylestad (2013), a resistência elétrica de um resistor, medida em ohms (Ω), está diretamente relacionada à capacidade do material de restringir o fluxo de elétrons.

O LDR (*Light Dependent Resistor*), também conhecido como fotorresistor, é um componente cuja resistência elétrica varia de acordo com a intensidade da luz incidente sobre sua superfície, sendo amplamente utilizado em sistemas de automação e controle baseados em luminosidade (BOYLESTAD, 2013).

As Figuras 2(a) e 2(b) apresentam, respectivamente, exemplos de resistores e LDRs comumente utilizados em circuitos eletrônicos básicos.

Figura 2 - Resistores e LDR utilizados em circuitos eletrônicos.



(a) Resistores.



(b) LDR

Fonte: Imagens editadas de LOJAGTEC, 2025.

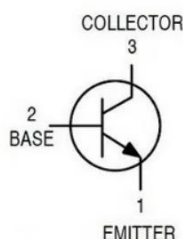
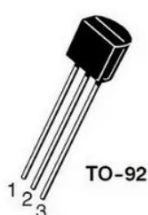
2.4 Transistor

O transistor bipolar de junção (TBJ) é um dispositivo semicondutor de três terminais — emissor, base e coletor — utilizado principalmente para amplificação e comutação de sinais.

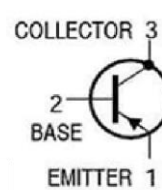
Existem dois tipos principais: o tipo NPN, que conduz quando a base é polarizada positivamente em relação ao emissor, permitindo o fluxo de corrente do coletor para o emissor; e o tipo PNP, que conduz quando a base está polarizada negativamente em relação ao emissor, permitindo o fluxo de corrente do emissor para o coletor. O princípio de operação do TBJ baseia-se no controle de uma corrente maior a partir de uma corrente de base reduzida, sendo amplamente utilizado em circuitos eletrônicos por sua eficiência e versatilidade (SEDRA; SMITH, 2019).

Neste trabalho, foram utilizados os transistores NPN 2N2222 e PNP 2N2907 no circuito responsável pelo controle do sentido de rotação dos motores. As Figuras 3(a) e 3(b) apresentam, respectivamente, os modelos desses transistores.

Figura 3 – Transistores utilizados no sistema de controle do seguidor solar.



(a) Transistor NPN 2N2222



(b) Transistor PNP 2907

Fonte: VECTOR4ENGINEERING, 2025.

2.5 Material estrutural

Para a construção da estrutura deste projeto, optou-se pelo uso do MDF (*Medium Density Fiberboard*) com espessura de 3 mm como material base. A escolha se deu por sua fácil aquisição e manuseio, além da boa trabalhabilidade para cortes, furos e encaixes — características ideais para a montagem da estrutura do seguidor solar. A Figura 4 apresenta um exemplo do tipo de MDF utilizado na fabricação do protótipo.

Figura 4 – Placa de MDF de 3 mm utilizada na construção da estrutura do seguidor solar.



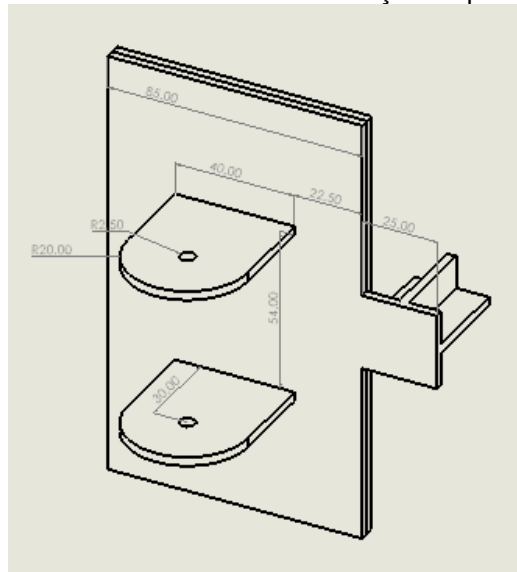
Fonte: BEIJAFLOMADEIRAS, 2025.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Com base na proposta metodológica e nos materiais previamente selecionados, deu-se início à fase de desenvolvimento prático do projeto. Essa etapa envolveu a modelagem tridimensional da estrutura, a definição precisa das dimensões e o corte dos materiais, bem como a implementação dos circuitos eletrônicos responsáveis pelo funcionamento do seguidor solar. O processo foi dividido em duas frentes principais: a construção da estrutura física do protótipo e a montagem dos circuitos de controle baseados em sensores de luz. As subseções

ORGANIZAÇÃO
PUC
CAMPINAS
PONTEFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA

Figura 7 – Dimensões da base de rotação do painel solar.



Fonte: Autoria própria.

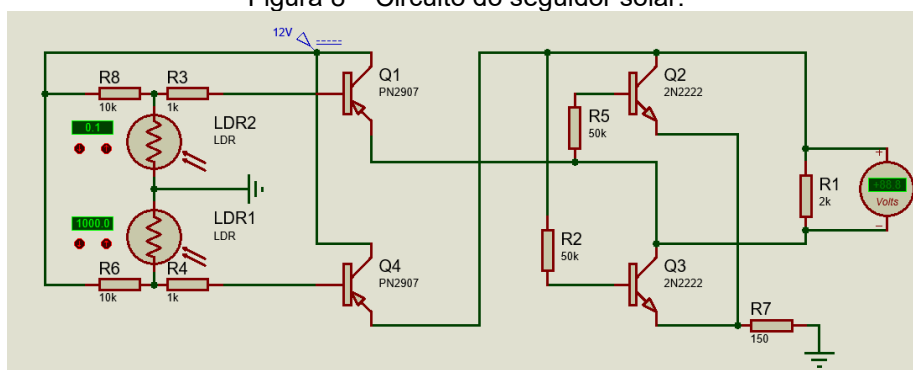
Com as medidas definidas, deu-se início à etapa prática de montagem da estrutura, que envolveu o corte e a furação do MDF utilizando ferramentas como serras, tesoura de funileiro, lixas e furadeira. Durante essa etapa, identificou-se a necessidade de um compartimento para acomodar o circuito eletrônico. Assim, foi confeccionada uma caixa posicionada logo abaixo da base de rotação primária, destinada à instalação do circuito e do motor responsável pelo seu movimento. Na sequência, foram construídas a base primária e a estrutura de rotação do painel solar, conforme as medidas apresentadas nas Figuras 6 e 7.

3.2 Projeto e Simulação do Circuito de Controle no Proteus

Para validar o funcionamento do sistema de controle antes da montagem física, o circuito eletrônico foi projetado e testado em um ambiente de simulação. A implementação visual e os testes foram realizados no software Proteus (versão estudantil), uma ferramenta amplamente utilizada para o desenvolvimento e simulação de projetos eletrônicos. O Proteus permite a criação de esquemáticos, simulações e o desenvolvimento de layouts para placas de circuito impresso (PCI), oferecendo uma vasta biblioteca de componentes.

O circuito, apresentado na Figura 8, foi projetado para que o sistema de rastreamento comparasse a intensidade luminosa recebida em dois pontos distintos por meio de sensores LDR. A simulação permitiu verificar como a diferença de iluminação entre os sensores geraria variações de tensão nos divisores resistivos, que, por sua vez, atuariam sobre os transistores Q1 e Q4 (PNP). Consequentemente, foi possível observar virtualmente como esses transistores acionariam o estágio de saída, composto pelos transistores Q2 e Q3 (NPN), resultando em uma tensão diferenciada na saída para acionar o motor.

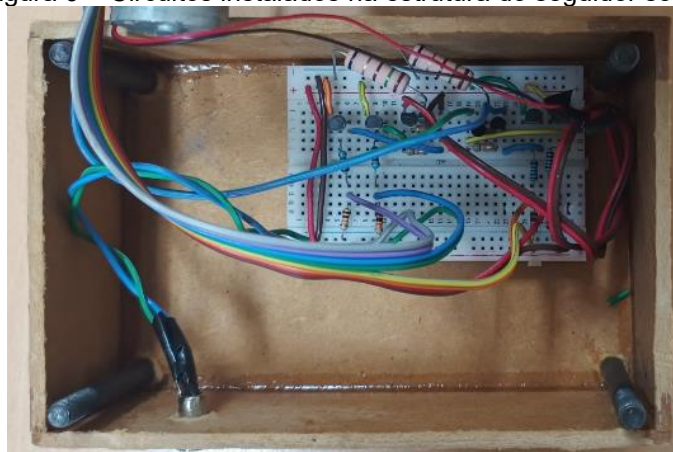
Figura 8 – Circuito do seguidor solar.



Fonte: Autoria própria.

Após o desenvolvimento e teste dos circuitos, todos os componentes — incluindo motores, transistores, resistores e sistemas de polias — foram montados e instalados em suas respectivas posições na estrutura de MDF. A Figura 9 apresenta a disposição final dos circuitos, devidamente acomodados no compartimento inferior do protótipo.

Figura 9 – Circuitos instalados na estrutura do seguidor solar.



Fonte: Autoria própria.

4 Resultados e discussões

4.1 Resultados Técnicos do Protótipo

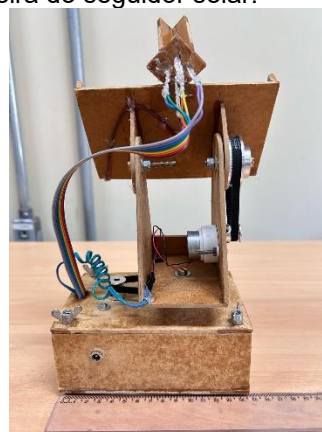
Para avaliar a eficácia do protótipo desenvolvido, foi realizada uma série de testes simulando o funcionamento completo da rotação de ambas as bases do seguidor solar. Durante os testes, verificou-se a operação adequada dos motores, a movimentação correta das bases em resposta à incidência luminosa e a estabilidade da estrutura mecânica, evidenciando o atendimento aos objetivos propostos.

A Figura 10(a) apresenta a vista frontal do seguidor solar em posição vertical, enquanto a Figura 10(b) exibe a vista traseira do protótipo.

Figura 10 – Vistas frontal e traseira do seguidor solar.



(a) Vista frontal.



(b) Vista traseira.

Fonte: Autoria própria.

A Figura 11(a) apresenta uma vista em perspectiva do lado direito do protótipo, e a Figura 11(b) mostra a vista em perspectiva do lado esquerdo, permitindo uma melhor visualização da disposição estrutural e dos componentes instalados.

Figura 11 – Vistas em perspectiva do seguidor solar.



(a) Lado direito.



(b) Lado esquerdo.

Fonte: Autoria própria.

Como forma de desafio final para a validação do protótipo, foi proposta a simulação do movimento do sol utilizando uma lanterna como fonte de luz. Ao movimentar a lanterna em diferentes direções, observou-se que o seguidor solar respondeu de forma satisfatória, ajustando sua posição conforme a variação da luminosidade incidente. Esse teste demonstrou a eficácia do sistema de rastreamento desenvolvido, validando o funcionamento integrado da estrutura mecânica e do circuito de controle. A Figura 12 apresenta o protótipo finalizado em operação, evidenciando sua capacidade de acompanhar a fonte de luz simulada.

Figura 12 – Protótipo finalizado durante o teste de rastreamento com fonte de luz simulada.



Fonte: Autoria própria

4.2 Desafios Técnicos e o Processo de Aprendizagem

O desenvolvimento do protótipo, embora bem-sucedido em seus objetivos principais, apresentou desafios técnicos que foram fundamentais para a experiência de aprendizagem. A transição do projeto simulado para o sistema físico revelou diversas complexidades que exigiram dos discentes a aplicação de um raciocínio investigativo para solucioná-las.

Uma das principais dificuldades residiu na montagem e calibração dos circuitos analógicos. O comportamento dos componentes no ambiente real exigiu múltiplas medições e um ajuste fino dos resistores e transistores para garantir a estabilidade do sistema e a precisão na resposta dos motores. Esse processo iterativo de testes e calibrações foi essencial para que os estudantes compreendessem na prática a diferença entre o comportamento ideal simulado e a performance real de um circuito.

Além dos desafios no circuito, foram identificadas outras limitações durante a fase de testes:

- **Resposta dos Sensores:** Observou-se que o tempo de resposta do sistema variava ligeiramente dependendo da direção do movimento. Essa inconsistência foi atribuída às tolerâncias e às características intrínsecas dos sensores LDR, que não possuem uma resposta perfeitamente linear ou idêntica à variação de luminosidade.
- **Limitação Mecânica:** Outro desafio, de natureza eletromecânica, foi a limitação na liberdade de movimentação do segundo motor, causada pelo comprimento e pela disposição dos fios de alimentação. O cabeamento, se não planejado cuidadosamente, restringia o ângulo de rotação do eixo, o que poderia comprometer o rastreamento em certas posições ao longo do dia.

A superação desses obstáculos tornou-se uma parte valiosa do aprendizado. A necessidade de diagnosticar problemas como a resposta dos sensores e as restrições mecânicas demonstrou aos estudantes que um projeto de engenharia envolve não apenas o projeto inicial, mas também a capacidade de adaptar e otimizar um sistema funcional.

5 Considerações Finais

O desenvolvimento do protótipo de seguidor solar representou uma experiência desafiadora e enriquecedora para os discentes envolvidos, permitindo a aplicação concreta de conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Elétrica. Ao longo do projeto, diversas dificuldades foram enfrentadas, especialmente durante a montagem dos circuitos e ajustes de componentes como transistores e resistores. Essas etapas exigiram múltiplas medições, testes práticos e calibrações, fundamentais para garantir a estabilidade do sistema e a precisão na resposta dos motores. Com o aprimoramento gradual do circuito de controle, observou-se uma melhora significativa no desempenho do protótipo.

Desde a modelagem tridimensional inicial até a confecção da estrutura e instalação dos componentes eletrônicos, cada fase demandou tomada de decisão, adaptação e resolução criativa de problemas. Mais do que a construção de um equipamento funcional, o projeto destacou o potencial pedagógico da prática, integrando teoria e aplicação real. Essa vivência experimental proporcionou o aprofundamento de conteúdos de disciplinas como Circuitos Elétricos, Eletrônica Analógica e Automação, e incentivou o desenvolvimento de competências essenciais, como trabalho em equipe, pensamento crítico e criatividade.

Como afirmou Paulo Freire, “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”. Nesse sentido, o projeto não apenas consolidou o conteúdo técnico, mas também criou um ambiente propício para a construção autônoma do conhecimento pelos estudantes, reafirmando a importância de metodologias ativas no ensino de engenharia.

Além disso, a experiência despertou o interesse por temas como robótica, sistemas de controle e automação, demonstrando que iniciativas como esta podem atuar como pontes para aprofundamentos futuros. A realização de projetos práticos durante a formação acadêmica contribui significativamente para formar profissionais mais completos, críticos e preparados para os desafios tecnológicos e sociais do mercado contemporâneo.

6 REFERENCIAS

BEIJAFLOREMADEIRAS. **Chapa Placa Mdf 3mm.** Disponível em: <https://www.beijafloremadeiras.com.br/chapa-placa-mdf-3mm-18cm-x-27cm-60pcs-a4-claro/>. Acesso em: 02 jan. 2025.

BOYLESTAD, Robert L; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria De Circuitos.** 11. Ed. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES nº 2, de 1º de abril de 2019. Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Engenharia e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 63, p. 39–43, 2 abr. 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2019-pdf/112681-rces002-19/file>.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2013.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica.** Revista Thema, v. 14, n. 1, p. 268- 288, 2017.

ELETRONICACASTRO. **Motor Redutor S30k Dc 12v 14rpm.** Disponível em:
<https://www.eletronicacastro.com.br/produto/motor-redutor-s30k-dc-12v-14rpm/?srsltid=AfmBOogFxJRUqwwNfsEuInOmyjUZCaVYBcMZiGfDGiCU0z2hk-ABPPxt>. Acesso em: 14 jan. 2025.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 67. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2021.

JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. **Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas**. 5 ed. Hoboken: Wiley, 2017.

LABCENTER ELECTRONICS. *Proteus Design Suite*, 2025. Disponível em:
<https://www.labcenter.com/>. Acesso em: 29 maio 2025.

LOJAGTEC. Disponível em: <https://www.lojagtec.com.br/MLB-4425606258-kit-4x-capacitor-10uf-50v-4x-resistor-220-ohms-filtro-diy-JM> . Acesso em: 02 jan. 2025.

MOREIRA, Jonathan Rosa; RIBEIRO, Jefferson Bruno Pereira. *Prática pedagógica baseada em metodologia ativa: aprendizagem sob a perspectiva do letramento informacional para o ensino na educação profissional*. Outras palavras, v. 12, n. 2, 2016.

SEDRA, Adel S.; SMITH, Kenneth C. **Microeletrônica**. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2019.

VECTOR4ENGINEERING. **2N2222 NPN Transistor.** Disponível em:
<https://vector4engineering.com/product/2n2222-npn-transistor/>. Acesso em: 02 jan. 2025.

AUTOMATED SOLAR TRACKER: AN ACTIVE LEARNING STRATEGY IN ELECTRICAL ENGINEERING

Abstract:

This work presents the development of a dual-axis solar tracker as a practical teaching tool for Electrical Engineering students. The prototype was built using MDF for the structure and analog circuits based on bipolar junction transistors (BJT) and LDR sensors, enabling automatic tracking of sunlight. The project was modeled in 3D, implemented with electric motors, and tested under different lighting conditions. The activity integrated theoretical content from subjects such as Analog Electronics, Automation, and Electric Circuits, and promoted active learning through the Problem-Based Learning (PBL) methodology. The results demonstrated the system's effectiveness and the pedagogical potential of hands-on practice, reinforcing technical skills, creativity, autonomy, and teamwork.

Keywords: *Solar tracker; Problem-based learning; Engineering education.*

