



DESENVOLVIMENTO DE UM MOTOR DE FLUXO AXIAL COM ESTRUTURA IMPRESSA EM 3D PARA APLICAÇÕES DIDÁTICAS EM ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBIENGE.2025.6310

Autores: JOÃO PAULO FERREIRA DE HOLANDA, VINICIUS SILVA SIMÃO, KAMILLY FLÁVIA CARVALHO DOS SANTOS, JERFFERSON CRISTOVÃO DA SILVA JÚNIOR, MYKAELLA FERNANDA CHAVES DE FREITAS, GLÊNIO KEWY DA SILVA NÓBREGA, ALVARO DE MEDEIROS MACIEL

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um motor de fluxo axial com estrutura impressa em 3D, voltado para aplicações didáticas no ensino de engenharia. O projeto busca superar as limitações do ensino predominantemente teórico das máquinas elétricas, oferecendo uma solução prática, de baixo custo e customizável, que proporciona aos estudantes uma aprendizagem ativa. A metodologia envolveu a modelagem, fabricação e montagem do motor com impressão 3D, associada a componentes metálicos e enrolamentos de cobre. Testes experimentais foram realizados para validar o desempenho do protótipo, operando como motor e gerador, permitindo a análise dos principais parâmetros eletromecânicos. Os resultados mostraram que o motor é funcional e adequado para demonstrar, na prática, os conceitos de conversão de energia e fenômenos eletromagnéticos. Assim, o protótipo é uma ferramenta didática eficiente, aplicável em disciplinas como Máquinas Elétricas, Conversão de Energia e Eletromagnetismo.

Palavras-chave: Motor de Fluxo Axial, Ferramenta Didática, Educação em Engenharia, Conversão de Energia, Máquinas Elétricas, Impressão 3D

DESENVOLVIMENTO DE UM MOTOR DE FLUXO AXIAL COM ESTRUTURA IMPRESSA EM 3D PARA APLICAÇÕES DIDÁTICAS EM ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

O estudo de máquinas elétricas e sistemas de conversão de energia é fundamental na formação de engenheiros, pois permite a compreensão de princípios essenciais para o projeto e análise de dispositivos eletromecânicos. No entanto, o ensino desses conceitos frequentemente enfrenta limitações devido à abordagem excessivamente teórica e à falta de recursos didáticos adequados. Muitas instituições de ensino dispõem apenas de equipamentos convencionais ou kits de laboratório com configurações fixas, o que restringe a capacidade dos estudantes de explorar diferentes configurações e entender o funcionamento real desses sistemas (IVAN, 2024).

Nos últimos anos, educadores e especialistas no ensino de engenharia têm se dedicado intensamente ao desenvolvimento de novas abordagens e métodos que melhorem a qualidade do processo de ensino e aprendizagem. Esse interesse crescente é impulsionado pelos preocupantes números de evasão e retenção nos cursos de Engenharia, em especial no de Engenharia Elétrica (KOLTERMANN, 2017).

A dificuldade de acesso a motores e máquinas elétricas para fins educacionais agrava-se pelo alto custo desses equipamentos, limitando a infraestrutura disponível em muitos laboratórios. Como resultado, os alunos têm poucas oportunidades de interagir com dispositivos reais, dificultando a consolidação do conhecimento teórico por meio da prática (BARATA, 2015). Essa lacuna entre teoria e aplicação pode ser minimizada com a adoção de metodologias ativas e tecnologias acessíveis, como a impressão 3D, que permite a prototipagem rápida e de baixo custo de componentes eletromecânicos.

Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um motor de fluxo axial com estrutura impressa em 3D, destinado a aplicações didáticas em engenharia. A escolha desse tipo de motor deve-se à sua configuração compacta, alto torque e facilidade de visualização dos princípios eletromagnéticos, tornando-o uma ferramenta eficaz para o ensino de conversão de energia. Além disso, a utilização de impressão 3D possibilita a customização do projeto, permitindo que os estudantes participem ativamente da construção, montagem e testes do motor, o que reforça o aprendizado por meio da experimentação.

Ao integrar conceitos teóricos com a prática de fabricação e análise de um motor funcional, este trabalho busca oferecer uma alternativa acessível e versátil para o ensino de máquinas elétricas, contribuindo para uma formação mais sólida e aplicada dos futuros engenheiros. O motor desenvolvido pode ser utilizado em disciplinas como Conversão de Energia, Máquinas Elétricas e Eletromagnetismo, proporcionando uma experiência *hands-on* que estimula a criatividade, o raciocínio crítico e a capacidade de resolver problemas reais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento de um motor de fluxo axial envolve a integração de conceitos fundamentais de eletromagnetismo e sistemas de controle. Esta seção apresenta os princípios essenciais que embasam o projeto, abrangendo o funcionamento característico dos motores de fluxo axial, os fenômenos de indução descritos pelas leis de Faraday e Lenz,

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

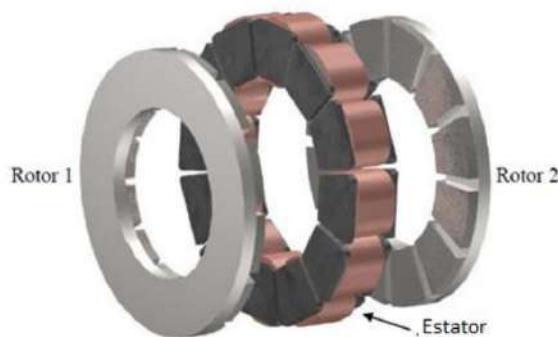
a operação do controlador eletrônico de velocidade (ESC) e os fundamentos da modulação por largura de pulso (PWM).

2.1 Motor de fluxo axial

O motor de fluxo axial é um tipo de máquina elétrica rotativa em que o fluxo magnético segue uma trajetória paralela ao eixo de rotação, diferentemente dos motores convencionais de fluxo radial. Essa configuração permite um design compacto e leve, com alto torque e baixa inércia rotacional, características vantajosas para aplicações que exigem eficiência e resposta dinâmica (COSTA, 2023).

Nesses motores, o estator e o rotor são dispostos em discos paralelos, com enrolamentos e ímãs permanentes organizados axialmente. Quando energizado, o campo magnético gerado no estator interage com os ímãs do rotor, produzindo torque diretamente no eixo. Essa geometria planar possibilita construções mais finas e eficientes, sendo útil em sistemas direct-drive, robótica, veículos elétricos e geração de energia renovável.

Figura 1 – Topologia de uma máquina de fluxo axial.



Fonte: (MOREELS, 2018)

Entre as principais vantagens estão a alta densidade de torque, a redução de perdas magnéticas e a eliminação de sistemas de transmissão mecânica. No entanto, desafios como fabricação precisa, dissipação de calor e custo de materiais magnéticos ainda limitam sua adoção em larga escala. A impressão 3D surge como uma alternativa promissora para simplificar a produção desses motores, especialmente em aplicações didáticas, onde a customização e o baixo custo são essenciais (COSTA, 2023).

2.2 Lei de Faraday

A Lei de Faraday estabelece que uma variação no fluxo magnético através de um circuito elétrico, induz uma força eletromotriz (FEM) nos terminais desse circuito. Esse fenômeno, ilustrado na Figura 2, demonstra como o movimento relativo entre um campo magnético e um condutor gera tensão elétrica, sendo a base do funcionamento de geradores e motores elétricos. A magnitude da tensão induzida depende diretamente da taxa de variação temporal do fluxo magnético concatenado com o circuito (Chapman, 2013).

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



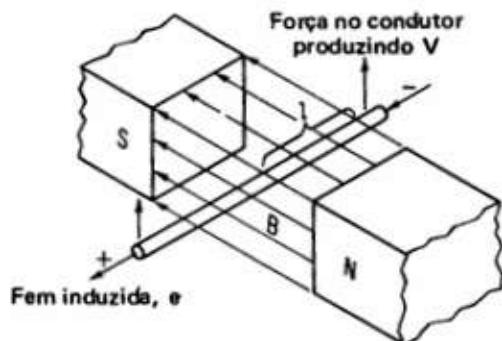
15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

Figura 2 – Lei de Faraday.



Fonte: (KOSOW, 1982).

No motor de fluxo axial, a Lei de Faraday explica a geração de torque a partir da interação entre os ímãs permanentes do rotor e as bobinas do estator. Quando o rotor gira, o fluxo magnético que atravessa as espiras do estator varia continuamente, induzindo correntes que, por sua vez, produzem forças magnéticas responsáveis pelo movimento. Essa relação é quantificada pela equação:

$$\mathcal{E} = N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Na Equação (1), \mathcal{E} representa a força eletromotriz induzida [V], N corresponde ao número de espiras da bobina e Φ indica o fluxo magnético [Wb].

2.3 Lei de Lenz

A Lei de Lenz complementa a Lei de Faraday ao estabelecer que o sentido da corrente induzida em um circuito será sempre tal que se oponha à variação do fluxo magnético que a originou. Esse princípio de conservação de energia, ilustrado na Figura 3, mostra como sistemas eletromagnéticos naturalmente resistem a mudanças em seu estado energético, evitando a criação de energia espontânea (Chapman, 2013).

Figura 3 – Lei de Lenz.



Fonte: (KOSOW, 1982).

No contexto do motor de fluxo axial, a Lei de Lenz explica o surgimento de forças contraeletromotrices durante a rotação do rotor. À medida que os ímãs permanentes se movem em relação às bobinas do estator, as correntes induzidas geram campos magnéticos que se opõem ao movimento relativo, conforme descrito pela equação:

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

$$\mathcal{E} = - N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Sendo, \mathcal{E} a força eletromotriz induzida [V], N corresponde ao número de espiras da bobina e Φ indica o fluxo magnético [Wb].

2.4 Modulação por largura de pulso (PWM)

A modulação por largura de pulso (PWM — *Pulse Width Modulation*) é uma técnica amplamente utilizada em sistemas que demandam controle eficiente da potência de sinais pulsados. Seu princípio de funcionamento baseia-se na variação da largura dos pulsos dentro de um período de tempo fixo, o que permite regular a quantidade média de energia fornecida a uma carga (MUNIZ, 2023).

Essa técnica possibilita o controle preciso da tensão ou corrente aplicada, promovendo eficiência - característica crucial em aplicações de potência - além de apresentar elevada compatibilidade com diversos dispositivos eletrônicos e sistemas de controle. Entre as principais aplicações destacam-se o controle de velocidade de motores elétricos (tanto em corrente contínua - CC - quanto alternada - CA) e a operação de conversores de energia, como inversores e fontes chaveadas (BERTOLUCCI, 2022).

Em motores elétricos, como o de fluxo axial, o PWM é empregado para regular a tensão nas fases, permitindo o controle preciso da velocidade de rotação. No presente trabalho, utilizou-se um testador de servo que adota essa técnica para o controle da velocidade do motor em estudo.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do motor de fluxo axial com estrutura impressa em 3D para aplicações didáticas foi estruturado em diversas etapas, visando consolidar os conhecimentos teóricos através da prática. Inicialmente, realizou-se a seleção e análise dos materiais, considerando suas propriedades físicas e características técnicas. Em seguida, procedeu-se com a confecção do motor, abordando aspectos mecânicos e eletromagnéticos para materializar os conceitos estudados. Por fim, executaram-se testes experimentais que permitiram correlacionar diretamente os fenômenos observados com os fundamentos teóricos.

Esta abordagem metodológica buscou transformar cada fase do desenvolvimento em uma oportunidade de aprendizado, onde os desafios práticos serviram para reforçar a compreensão dos conteúdos. A integração entre teoria e prática durante todo o processo garantiu que o motor desenvolvido se tornasse uma ferramenta didática eficaz, capaz de demonstrar na prática os princípios de conversão eletromecânica de energia.

3.1 Confecção do motor

O projeto de um motor de fluxo axial envolve diversas etapas, desde a concepção do design até a escolha dos materiais e a montagem final. Como ilustrado na Figura 4 (que apresenta uma vista explodida do motor), cada componente foi cuidadosamente projetado para se integrar aos demais, formando um sistema coeso. Com o objetivo de construir um motor destinado a operar em baixa potência, optou-se pela utilização de uma combinação de peças impressas em 3D e componentes metálicos. Essa abordagem visou a obtenção de um motor customizável, eficiente e com grande potencial para prototipagem rápida, especialmente em projetos acadêmicos e de baixo custo.

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

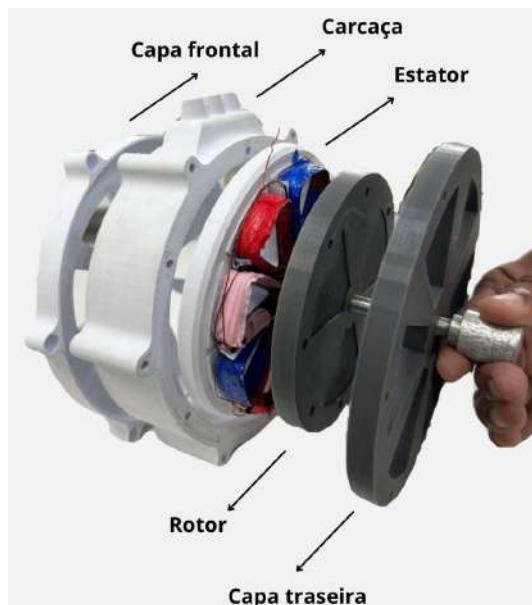


15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ORGANIZAÇÃO



Figura 4 – Vista explodida do motor.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A primeira etapa consistiu na definição do design do motor. Para isso, foi adotado um modelo base já otimizado para impressão 3D, disponibilizado pela plataforma *GrabCAD* (GRABCAD, 2024). A escolha desse modelo permitiu agilizar o processo de fabricação e assegurar a padronização das peças necessárias.

Quanto à seleção dos materiais, optou-se por fabricar a estrutura principal — rotor, estator, carcaça, capa frontal e base de sustentação — em PLA (ácido polilático). O eixo foi confeccionado em alumínio, visando leveza e resistência. O enrolamento das bobinas foi realizado com fio de cobre esmaltado de 0,5 mm de diâmetro, enquanto a sustentação mecânica do eixo ficou a cargo de rolamentos do tipo 608 (22 mm × 8 mm), reconhecidos pela baixa fricção e alta disponibilidade. Para o acionamento e controle do motor, empregaram-se um ESC de 40 A e um controlador de servo, responsáveis pela aplicação dos sinais PWM para gerenciamento da velocidade de rotação. A Tabela 1 apresenta a relação completa dos materiais utilizados na confecção do motor.

Tabela 1 - Lista de Materiais

Descrição	Quantidade
Rotor - PLA	1 unidade
Estator - PLA	1 unidade
Carcaça - PLA	1 unidade
Capa frontal - PLA	1 unidade
Base de sustentação - PLA	1 unidade
Case para alimentação	1 unidade
Fio de cobre esmaltado (0,5 mm)	-
Eixo de alumínio (diâmetro = 8mm)	1 unidade
Esc 40A	1 unidade
Controlador servo	1 unidade
Rolamento 608 (22mmx8mm)	2 unidades
Ímãs de neodímio	24 unidades

Fonte: Elaboração própria (2025).

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ORGANIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Durante o processo de adaptação do modelo, realizaram-se algumas modificações a fim de otimizar o desempenho do projeto. O diâmetro das peças, por onde passa o eixo, foi alterado de 5 mm para 8 mm, visando a acomodação do eixo. Além disso, modificou-se a estrutura do estator, local de fixação das bobinas, aumentando sua altura, já que no modelo original a estrutura reduzida dificultava o correto posicionamento e a estabilidade das bobinas. Com essa alteração, as bobinas passaram a ser fixadas de forma mais segura e robusta.

Após essas modificações, as peças foram impressas utilizando o PLA, um polímero biodegradável obtido a partir de fontes renováveis, como o amido de milho ou a cana-de-açúcar. Este material foi escolhido por ser de fácil processamento na impressão 3D, além de oferecer boa rigidez estrutural para as aplicações pretendidas. As peças impressas incluem a carcaça, o estator, o rotor e as capas frontal e traseira.

4 AVALIAÇÃO

A realização de testes é uma etapa fundamental para a avaliação do desempenho do protótipo, permitindo medir parâmetros como velocidade de rotação e tensão gerada. Esses ensaios são essenciais não apenas para validar o funcionamento do motor, mas também para identificar possíveis áreas de melhoria e otimização.

Para uma análise mais completa, foram conduzidos dois tipos distintos de testes: o primeiro avaliando o motor em modo de operação ativa (funcionando como motor) e o segundo explorando seu desempenho em modo de geração (atuando como gerador). Essa abordagem permitiu compreender tanto a capacidade de conversão de energia elétrica em mecânica quanto o potencial de conversão de energia mecânica em elétrica, fornecendo uma visão abrangente do comportamento do motor de fluxo axial.

4.1 Motor

No ensaio de operação como motor, foram avaliados parâmetros como velocidade de rotação, potência e a resposta do protótipo a diferentes níveis de tensão aplicada. A coleta desses dados permitiu analisar o desempenho do motor em condições reais de uso, além de fornecer subsídios para ajustes que visam otimizar sua eficiência e funcionalidade.

Para a realização do teste, utilizou-se uma fonte de bancada para alimentar o ESC (Electronic Speed Controller), que por sua vez aciona o motor. A tensão de alimentação foi fixada em 15 V, enquanto o controle da velocidade foi realizado por meio de um testador de servo, responsável por modular a corrente fornecida ao motor. A medição da velocidade máxima e mínima foi efetuada com o auxílio de um tacômetro digital.

4.2 Gerador

No ensaio de operação como gerador, o protótipo foi utilizado para converter energia mecânica em energia elétrica, permitindo a análise da tensão gerada e da potência disponível. Esse ensaio possibilitou avaliar o comportamento eletromagnético do motor em condições de geração.

Inicialmente, o eixo do motor foi acionado manualmente por meio de uma manivela, com variação controlada da velocidade de rotação. As duas fases do motor foram conectadas a um osciloscópio, que registrou o sinal de saída, apresentando forma de onda predominantemente senoidal, bem como a amplitude da tensão gerada em diferentes regimes de operação.

Em um segundo teste, o motor foi inicialmente acionado em sua velocidade máxima utilizando o controlador eletrônico de velocidade (ESC). Após atingir a rotação máxima, a alimentação foi desconectada, fazendo com que o sistema operasse em modo de geração

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

livre. Nessa condição, a tensão máxima induzida foi medida com o osciloscópio, fornecendo dados adicionais sobre o desempenho do protótipo como gerador.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados os resultados obtidos no projeto do motor de fluxo axial, incluindo a determinação da velocidade mínima e máxima de operação, bem como a amplitude de tensão gerada quando o equipamento atuou como gerador.

A Figura 5 apresenta à esquerda a velocidade mínima registrada durante os ensaios, medida com tacômetro digital após ajuste fino do controlador para atingir a rotação mais baixa possível de operação estável. No painel direito da mesma figura, observa-se o motor operando em condições de máxima performance, com a velocidade limite obtida através da calibração otimizada do sistema de controle.

Estes ensaios permitiram validar a capacidade operacional do protótipo, evidenciando sua funcionalidade tanto no regime de baixa rotação quanto no de máxima potência.

Figura 5 – Medição de velocidade mínima e máxima com tacômetro digital.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Além da caracterização das velocidades de operação, o protótipo foi submetido a ensaios como gerador, nos quais se avaliou a tensão induzida e seu comportamento elétrico. Os resultados obtidos comprovam o potencial do motor de fluxo axial tanto para aplicações didáticas quanto experimentais, destacando-se como uma ferramenta eficaz para o estudo dos princípios de conversão eletromecânica de energia.

A Figura 6 apresenta a forma de onda senoidal gerada pelo protótipo, capturada por meio de um osciloscópio, juntamente com a respectiva amplitude de tensão. No primeiro ensaio, o motor foi acionado manualmente por uma manivela acoplada ao eixo, produzindo uma tensão de 240 mV, valor condizente com a baixa velocidade de rotação imposta.

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

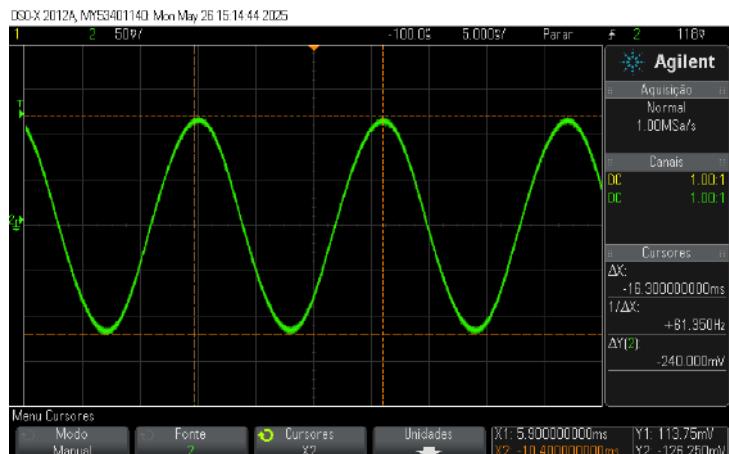


15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ORGANIZAÇÃO



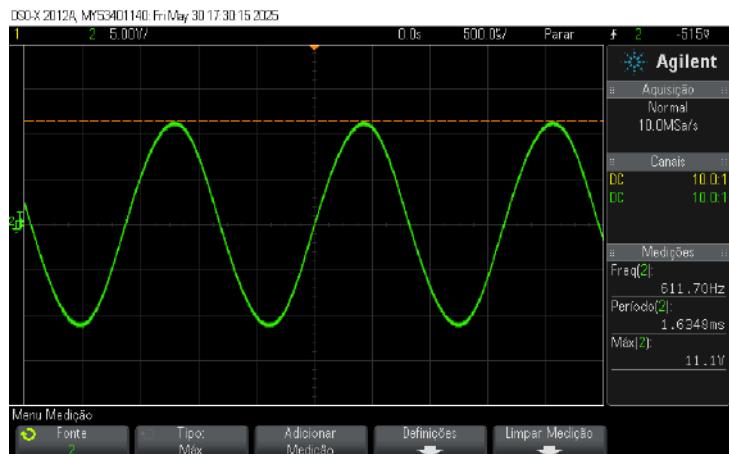
Figura 6 – Medição no Osciloscópio.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Já no segundo teste, buscou-se explorar o desempenho do sistema em condições mais próximas da operação real. Para isso, o motor foi inicialmente levado à rotação máxima utilizando um testador de servo e, em seguida, desconectado da fonte de alimentação, permitindo que girasse livremente. A Figura 7 ilustra esse momento crítico de transição entre motor e gerador, registrando uma tensão induzida significativamente maior, de 11,1 V, devido à inércia e à alta velocidade de rotação residual.

Figura 7 – Medição no Osciloscópio.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Esses experimentos não apenas validaram a funcionalidade do protótipo como gerador, mas também permitiram observar fenômenos eletromagnéticos típicos de máquinas de fluxo axial, como a relação direta entre velocidade e tensão induzida. Os resultados reforçam a viabilidade do projeto tanto para fins educacionais quanto para estudos preliminares em aplicações de baixa potência, abrindo caminho para investigações futuras sobre eficiência e otimização do sistema.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi apresentado o desenvolvimento de um motor de fluxo axial utilizando impressão 3D, demonstrando não apenas a viabilidade da fabricação de máquinas

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ORGANIZAÇÃO



REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

elétricas com recursos acessíveis, mas também o potencial dessa abordagem como ferramenta educacional. O projeto evidenciou de maneira clara a criação do motor, destacando a seleção criteriosa dos materiais empregados e a aplicação da tecnologia de impressão 3D na fabricação das partes constituintes. Além disso, ao possibilitar a visualização prática dos princípios de funcionamento do motor, a iniciativa proporcionou uma experiência de aprendizado mais rica, favorecendo a formação de profissionais preparados para os desafios tecnológicos atuais.

Além disso, a execução prática do projeto proporcionou uma abordagem aplicada aos conceitos fundamentais de conversão de energia, promovendo a integração entre teoria e prática de forma efetiva. O desenvolvimento e a análise do motor permitiram observar diretamente importantes leis do eletromagnetismo, como a Lei de Faraday e a Lei de Lenz, contribuindo significativamente para a compreensão do funcionamento das máquinas elétricas e para o fortalecimento das competências técnicas dos envolvidos.

Por fim, o projeto demonstrou-se uma ferramenta didática valiosa para o ensino de engenharia, estimulando o aprendizado ativo e o interesse pela experimentação dos alunos. A construção do motor de fluxo axial, aliada ao uso de tecnologias acessíveis como a impressão 3D, reforçou a importância da inovação nos processos educacionais, promovendo o desenvolvimento de habilidades práticas. O motor desenvolvido pode ser utilizado em disciplinas como Conversão de Energia, Máquinas Elétricas e Eletromagnetismo, proporcionando uma experiência *hands-on* que estimula a criatividade, o raciocínio crítico e a capacidade de resolver problemas reais.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, do Campus João Pessoa, pelo apoio técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

BARATA, Pebertli Nils Alho et al. **Framework para criação de laboratórios virtuais: diminuindo a lacuna entre teoria e prática em engenharia elétrica.** 2015.

BERTOLUCCI, Gabriel Cardoso. **Modelagem e simulação de controle escalar de velocidade de um motor de indução trifásico.** 2022.

COSTA, Douglas Soares da. **Estudo e caracterização de um motor de fluxo axial com foco na aplicação em veículos elétricos.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia) – Repositório Institucional da PGSSC, 2023. Disponível em: <https://repositorio.pgsscognac.com.br/handle/123456789/59403>. Acesso em: 10 abr. 2025.

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

GRABCAD. **DIY axial flux motor.** Disponível em: <https://grabcad.com/library/diy-axial-flux-motor-1>. Acesso em: 16 abr. 2025.

IVAN. **Cómo la falta de recursos afecta la calidad educativa.** Realidad Social, 2024. Disponível em: <https://realidadsocial.alebrijemagico.xyz/educacion/como-la-falta-de-recursos-afecta-la-calidad-educativa/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

KOLTERMANN, Paulo Irineu; PEREIRA, Valmir Machado; ORTEGA, Jéferson Meneguin; SILVA, Marcos Paulo Souza da; SANTOS, Tales Oliveira; FERENCZ, Lucas Salim; RIGHI, Luiz Antônio. **A interdisciplinaridade no ensino de Engenharia Elétrica - sistema de conversão - kit gerador de energia - aspectos técnicos e pedagógicos.** In: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2017, Joinville. Anais. Joinville: ABENGE, 2017. Disponível em: https://admin.abenge.org.br/dados/COBENGE17/COBENGE17_00001_00000383.pdf. Acesso em: 01 mai. 2026.

MOREELS, Daan; LEIJNEN, Peter. **High efficiency axial flux machines: why axial flux motor and generator technology will drive the next generation of electric machines.** White Paper HEAF, v. 2, p. 1-20, 2018.

MUNIZ, Giselle Francine Brito et al. **Projeto de modulação por largura de pulso (PWM) com amplificadores operacionais: protótipo e funcionamento.** Engenharia, Gestão e Inovação Volume 11, p. 21.

DEVELOPMENT OF AN AXIAL FLOW MOTOR WITH 3D-PRINTED STRUCTURE FOR ENGINEERING EDUCATIONAL APPLICATIONS

Abstract: This work presents the development of an axial flux motor with a 3D-printed structure, aimed at educational applications in engineering teaching. The project seeks to overcome the limitations of predominantly theoretical instruction in electrical machines, offering a practical, low-cost, and customizable solution that provides students with active learning experiences. The methodology involved modeling, manufacturing, and assembling the motor using 3D printing, combined with metallic components and copper windings. Experimental tests were carried out to validate the prototype's performance, operating as both a motor and a generator, allowing the analysis of key electromechanical parameters. The results showed that the motor is functional and suitable for practically demonstrating concepts of energy conversion and electromagnetic phenomena. Thus, the prototype is an efficient educational tool, applicable in subjects such as Electrical Machines, Energy Conversion, and Electromagnetism.

Keywords: Axial Flow Motor, Didactic Tool, Engineering Education, Energy Conversion, Electrical Machines, 3D Printing.

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

