

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
Curso Técnico em Mecânica**

**Cauan Pamplona da Silva
Danieli Monteiro Teixeira Fernandes
João Pedro da Silva
João Pedro Domingues Zane**

**CRIAÇÃO DE SIMULADOR DE CONVERSÃO DE ENERGIA
MARÉMOTRIZ EM ELÉTRICA PARA FINS DIDÁTICOS**

**Limeira - SP
2026**

**Cauan Pamplona da Silva
Danieli Monteiro Teixeira Fernandes
João Pedro da Silva
João Pedro Domingues Zane**

**CRIAÇÃO DE SIMULADOR DE CONVERSÃO DE ENERGIA
MARÉMOTRIZ EM ELÉTRICA PARA FINS DIDÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da Instituição Etec Trajano Camargo, orientado pelo Prof. Gustavo Delgado Sacilotto e Coorientador Darci José Mestre, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em mecânica.

**Limeira - SP
2026**

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, por nos dar força, sabedoria e saúde durante a realização do trabalho e nunca nos deixou fraquejar ou pensar em desistir. Aos nossos familiares e professores que sempre quando pensávamos em desistir ou estávamos desanimados nos incentivaram e permaneceram junto conosco.

Aos colegas de classe por nos proporcionarem descontração e tranquilidade nessa jornada, além de contribuírem ainda mais para o conhecimento de campo na área mecânica.

E por fim, dedicamos este trabalho a todos aqueles que se empenham nos estudos possibilitando o desenvolvimento tecnológico e incentivam os ignorantes a terem sucesso na vida através da busca pelo conhecimento, tornando-se, com isso, instrumentos de transformação da própria realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos dar força, sabedoria e determinação durante a realização deste trabalho.

Agradecemos à ETEC Trajano Camargo, aos professores do curso Técnico em Mecânica, especialmente ao nosso orientador, Professor Gustavo, e ao coorientador Darci José Mestre, pelo apoio, ajuda e orientação ao longo do projeto.

Também agradecemos aos nossos familiares, pelo incentivo e compreensão durante essa etapa e deixamos ainda nosso agradecimento aos colegas Antônio Diego, Fernando, Matheus Moraes e João V. da Silva, que não mediram esforços para nos ajudar na elaboração e realização do projeto, contribuindo com ideias, incentivo, materiais e dedicação, sem vocês este projeto não teria sido concluído.

Para finalizar, também agradecemos ao vigilante Antônio Severino, pelo apoio, atenção e colaboração durante o desenvolvimento do projeto, contribuindo de forma importante para a realização deste trabalho.

Nossa maior fraqueza é a desistência. O caminho mais certo
para o sucesso é sempre tentar apenas uma vez mais

Albert Einstein

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo desenvolver um simulador didático de conversão de energia marémotriz em energia elétrica, buscando demonstrar de forma prática o funcionamento da transformação da energia mecânica gerada pelas ondas em energia elétrica através da indução eletromagnética. O projeto foi desenvolvido pelos alunos do curso Técnico em Mecânica da Etec Trajano Camargo, visando contribuir para o aprendizado prático dos estudantes em disciplinas relacionadas à física, mecânica e energias renováveis. A pesquisa abordou conceitos sobre energias renováveis, energia marémotriz, energia mecânica, energia elétrica, campo magnético e indução eletromagnética, além da importância das aulas práticas no processo de aprendizagem. Para a construção do protótipo foram utilizados materiais como fio de cobre, ímãs, boia de isopor, bastão de nylon e recipientes plásticos, formando um sistema capaz de simular o movimento das ondas e gerar corrente elétrica por meio do deslocamento de um ímã no interior de uma bobina. Durante os testes, o sistema conseguiu gerar corrente elétrica, comprovando parcialmente o funcionamento da proposta. Entretanto, foram identificadas limitações estruturais no protótipo, como problemas de estabilidade da boia e folgas no sistema guia do ímã, dificultando o funcionamento contínuo do simulador. Mesmo assim, concluiu-se que, com ajustes mecânicos e estruturais, o projeto possui potencial para funcionamento completo e aplicação didática em laboratórios escolares, contribuindo para o ensino de energias renováveis e incentivando o desenvolvimento tecnológico sustentável.

Palavras chaves: Marémotriz, simulador, campo eletromagnético, energia renovável, geração de energia elétrica

ABSTRACT

This Final Course Project aimed to develop a didactic simulator for converting tidal energy into electrical energy, seeking to demonstrate in a practical way the transformation of mechanical energy generated by waves into electrical energy through electromagnetic induction. The project was developed by students of the Mechanical Technician course at Etec Trajano Camargo, aiming to contribute to the students' practical learning in subjects related to physics, mechanics, and renewable energies. The research addressed concepts about renewable energies, tidal energy, mechanical energy, electrical energy, magnetic field, and electromagnetic induction, in addition to the importance of practical classes in the learning process. For the construction of the prototype, materials such as copper wire, magnets, a styrofoam buoy, a nylon rod, and plastic containers were used, forming a system capable of simulating the movement of waves and generating electric current through the displacement of a magnet inside a coil. During the tests, the system managed to generate electric current, partially proving the functioning of the proposal. However, structural limitations were identified in the prototype, such as problems with the stability of the float and play in the magnet's guide system, hindering the continuous operation of the simulator. Even so, it was concluded that, with mechanical and structural adjustments, the project has the potential for full operation and didactic application in school laboratories, contributing to the teaching of renewable energies and encouraging sustainable technological development.

Keywords: Tidal power, simulator, electromagnetic field, renewable energy, electricity generation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. O problema	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo geral ou primário	10
2.2. Objetivos específicos ou secundários	10
3. JUSTIFICATIVA	11
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
4.1. Histórico, estrutura e cursos oferecidos na Etec Trajano Camargo	12
4.2. A influência da prática na aprendizagem	12
4.2. O que é energia renovável	14
4.1.1. Tipos de energias renováveis	14
4.3. Definição de energia mecânica, energia elétrica e o campo magnético	15
4.3.1. Energia mecânica	15
4.3.2. Energia elétrica	15
4.3.3. Campo magnético	16
4.4. Campo eletromagnético e geração de energia elétrica	16
4.4.1. O que são ímãs	17
4.5. Vantagens e desvantagens de ter um simulador de maremotriz disponível nos laboratórios	18
5. METODOLOGIA.....	19
5.1. Cronograma e pesquisa teórica.....	19
5.2. Materiais para a construção do protótipo	20
5.2.1. Materiais para montagem	21
5.2.2. Equipamentos e ferramentas	21
6. DESENVOLVIMENTO	23
6.1. Função de cada material	23
6.2. Procedimentos	23
6.2.1. Bobina e guia	24
6.2.2. Bastão	25

6.2.3. Arruelas	26
6.2.4. Tampa da caixa (sistema de sustentação/guia/bobina e agitação).....	27
6.2.5. Boia	30
6.2.6. Montagem do protótipo	31
7. RESULTADOS	35
8. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	40

1. INTRODUÇÃO

As diversas maneiras de geração de energia provindas de fontes renováveis, atualmente, estão sendo amplamente discutidas, tendo em vista o futuro esgotamento de substâncias fósseis (BRS, 2025) e as consequências negativas de algumas formas de geração de energia utilizadas, como é o caso da energia hidrelétrica.

Na contemporaneidade, um dos métodos mais estudados é a geração de energia a partir do movimento de ondas marítimas, mais conhecida como energia marémotriz. Nesse método, o deslocamento da água do mar em forma de ondas é transmitido através de um sistema mecânico até um dínamo, equipamento responsável pela conversão da energia mecânica em elétrica, ou através de ímãs geradores de campo eletromagnético (PORTAL SOLAR, 2025).

Sabendo a importância do tema, a deficiência da instituição ETEC Trajano Camargo quanto a existência de protótipos de conversão de energia para demonstração nos laboratórios e percebendo a importância da transmissão desse conhecimento aos seus estudantes, após discussão na aula de Planejamento de Trabalho de Conclusão de Curso (PTCC), foi definido pelo grupo o objetivo principal de construir um simulador de marémotriz, que será utilizado para enriquecer as aulas ministradas ao ensino médio e técnico na escola supracitada em disciplinas que abordam o presente tema (CENTRO PAULA SOUZA, 2026).

1.1. O problema

Como transformar energia mecânica através de ondas em energia elétrica

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral ou primário

Desenvolver um protótipo que simule a transformação de energia mecânica em energia elétrica através de ondas, mais conhecida como processo de marémotriz, para fins didáticos.

2.2. Objetivos específicos ou secundários

- Pesquisar os princípios físicos e tecnológicos envolvidos na geração de energia através da marémotriz;
- Demonstrar a necessidade e os benefícios proporcionados com a disponibilização de um simulador de conversão de energia maremotriz em elétrica nas aulas de física lecionadas na ETEC Trajano Camargo.

3. JUSTIFICATIVA

A diminuição de matérias primas fósseis para geração de energia provocou inquietação para grande parte dos países envoltos do mundo todo. Diante disso a busca por energias renováveis se intensificou, incentivando o aumento de investimentos a novas formas de produção de energia limpa através de tecnologias atuais (BRS, 2025).

Entre as energias alternativas mais procuradas estão a hídrica (proveniente da água dos rios), a solar (resultante do sol), eólica (proveniente do vento), geotérmica (procedentes do calor interior terrestre), biomassa (oriundo de resíduos orgânicos) e a energia oceânica (originada das marés e ondas) (PORTAL SOLAR, 2025).

O presente trabalho busca, através da construção de um protótipo simulador de conversão de energia das marés em elétrica, melhorar o entendimento do processo supracitado, aumentando assim o conhecimento científico dos estudantes que terão a possibilidade de desfrutarem do sistema proposto e ainda demonstrar a relevância científica e tecnológica, incentivando as gerações futuras procurarem um aperfeiçoamento na área contribuindo para um mundo melhor para as gerações futuras.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Histórico, estrutura e cursos oferecidos na Etec Trajano Camargo

De acordo com o site Centro Paulo Souza (2025), a Etec Trajano Camargo tem como patrono Trajano de Barros Camargo, no entanto não foi seu fundador, pois teve faleceu antes. Trajano de Barros Camargo foi uma figura importante para a história de Limeira, sendo vereador e presidente da Câmara Municipal, além de ser considerado um inventor, criando o primeiro descascador de café por impacto do Brasil.

A Escola Técnica Trajano Camargo foi integrada ao Centro Paula Souza em 1994 (CENTRO PAULA SOUZA, 2025), atualmente tendo como modalidades presenciais os cursos técnicos em:

- Administração
- Eletroeletrônica
- Eletromecânica
- Eletrônica
- Mecânica
- Metalurgia
- Nutrição e Dietética
- Química
- Soldagem

Tendo também como opção o ensino médio integral acompanhado do técnico, fornecendo:

- Química
- Nutrição e Dietética
- Mecânica
- Eventos
- Eletroeletrônica
- Administração

4.2. A influência da prática na aprendizagem

Segundo a publicação do Colégio Positivo no site do G1 (2020) a prática melhora a aprendizagem tendo em vista que o processo tem a capacidade de fixar o conhecimento adquirido de forma permanente, ajudando o indivíduo a desenvolver habilidades sociais, além de motivar o estudo mais aprofundado no assunto.

Colocando a teoria em ação, o cérebro humano cria conexões mais fortes, tornando o aprendizado mais significativo, fazendo com que o indivíduo consiga ter melhor preparo para resolução de problemas reais. Além disso a prática ajuda no desenvolvimento de habilidades essenciais, estimula a autonomia, promove a motivação, conecta teoria e prática e estimula a memória (COLÉGIO POSITIVO, 2020).

Segundo o Centro Universitário de Itajubá (2023). As aulas práticas desempenham um papel vital no desenvolvimento acadêmico e profissional dos estudantes. Elas vão muito além da mera teoria, permitindo que os alunos apliquem o conhecimento em situações reais. Essa aplicação prática é essencial para consolidar o aprendizado e preparar os alunos para os desafios do mundo profissional.

Com base o Centro Universitário de Itajubá (2023). As aulas práticas capacitam os alunos a ganhar experiência valiosa, aprimorar suas habilidades práticas, adquirir confiança em suas capacidades e desempenham um papel fundamental na preparação dos estudantes para o mercado de trabalho, tendo em vista que atualmente os empregadores valorizam candidatos que já tenham alguma experiência prática, pois isso significa que eles podem se adaptar mais rapidamente às demandas do trabalho e contribuir de forma eficaz desde o início.

Conforme o Centro universitário de Itajubá (2023). Quando os estudantes participam de outras experiências relacionadas ao curso, eles têm a oportunidade de construir um portfólio profissional. Isso pode abrir portas para oportunidades de emprego após a formatura. Além disso, as aulas práticas também ajudam os estudantes a entender melhor qual área de atuação desejam seguir, permitindo que façam escolhas de carreira mais informadas.

Além dos benefícios profissionais e escolares, os estudos realizados no Centro Universitário de Itajubá (2023), observaram que as aulas práticas desempenham um papel crucial no ensino superior, fornecendo uma experiência educacional mais rica e preparando os estudantes de maneira mais eficaz para suas futuras carreiras. Elas transformam o conhecimento teórico em experiência prática, desenvolvem habilidades essenciais e preparam os alunos para o mercado de trabalho. Investir em aulas práticas de qualidade é fundamental para garantir uma formação superior completa e relevante.

4.2. O que é energia renovável

Segundo Rozélia Medeiros (2021) energia renovável é aquela originada de recursos ou fontes de energia que são naturalmente reabastecidos como o sol, o vento, a chuva, as marés e calor gerado pelo núcleo da terra (geotérmica). Recursos esses que conseguem se renovar, ou seja, não se esgotam por estarem em constante regeneração.

Para Rozélia (2021), toda forma de energia é fruto de transformação de um estado para outro e sua origem é sempre a natureza. A diferença entre as designadas renováveis e não renováveis é o tempo e o processo pelo qual são industrializadas para o uso humano. É importante notar que nem todo recurso natural é renovável, existem recursos com quantidades limitadas como o urânio, carvão e petróleo que um dia, em função do alto consumo e baixa produção, podem se esgotar.

4.1.1. Tipos de energias renováveis

A crescente busca por energias renováveis e a urgência em diminuir os impactos ambientais das fontes fósseis de energia tem dado foco ao desenvolvimento e expansão de energias limpas (PORTAL SOLAR, 2025).

Segundo o Portal Solar (2025) a energia eólica é a fonte renovável que tem conquistado cada vez mais espaço na atualidade, no Brasil está presente principalmente na região nordeste, esse tipo de energia é a transformação das massas de ar em energia elétrica por meio de turbinas mais conhecidas como aerogeradores.

Já a energia hidrelétrica, segundo publicação no Portal Solar (2025), é a fonte que utiliza a água dos rios para gerar eletricidade, o líquido em movimento ou acumulado no reservatório é captado por turbinas e geradores que transformam energia mecânica em energia elétrica. A biomassa produz calor e eletricidade, através de queima de materiais orgânicos. E energia geotérmica é a fonte vinda do calor produzido do interior da terra, chamada de manto, o qual pode ser utilizada para aquecimento de casas e empresas ou através de energia elétrica através de centrais geotérmicas.

No Portal Solar (2025) a energia das maremotrizes é gerada através dos movimentos das marés que produzem eletricidade. O movimento das marés naturalmente é causado principalmente pela atração gravitacional da lua e do sol, que

provocam alteração no nível do mar. Grande quantidade de água é capturada por turbinas em usinas, transformando energia mecânica em energia elétrica. É uma das fontes renováveis de maior expansão na atualidade e possui alto potencial no mercado.

Segundo o Portal Solar (2025) a energia maremotriz utiliza duas fontes renováveis: o desnível entre marés altas e baixas (energia potencial) e o deslocamento das correntes marítimas (energia cinética). As barragens operam como hidrelétricas. Na maré alta, elas acumulam água em comportas. Durante a maré baixa, essa água é liberada, passando por dutos que acionam turbinas, gerando energia mecânica que se transforma em eletricidade. As turbinas submersas, instaladas no fundo do mar, aproveitam a energia cinética das correntes marítimas. Elas utilizam hélices para converter esse movimento em energia mecânica, que é então transformada em eletricidade pelos geradores.

Outro método que pode ser utilizado para geração de energia através das marés é com a criação de um campo eletromagnético gerado pela indução de ímãs em movimento (PORTAL SOLAR, 2025).

Segundo publicação em Tecnogera (2025) algumas vantagens da energia maremotriz é a sua natureza renovável, ausência de geração de poluentes e sua previsibilidade já que as marés seguem ciclos regulares. Por outro lado, pode ter um alto custo de instalação e impactar negativamente o meio ambiente, dependendo de sua localização e do tipo de usina.

4.3. Definição de energia mecânica, energia elétrica e o campo magnético

4.3.1. Energia mecânica

Segundo publicação em documento do I Simpósio Sul Capixaba de Engenharia (2025) energia mecânica é a soma da energia cinética (movimento de corpo) com a energia potencial de um sistema.

4.3.2. Energia elétrica

De acordo com o que está contido na publicação no documento do I Simpósio Sul Capixaba de Engenharia (2025) “A definição de energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica gerar trabalho”. Existem várias formas de geração de energia

mecânica em elétrica que são movimento mecânico, indução eletromagnética e geração de corrente elétrica.

4.3.3. Campo magnético

Segundo Pâmela Raphaela Melo (2025) “O campo magnético é uma grandeza física vetorial capaz de exercer uma força sobre uma partícula dotada de carga elétrica”. Quando há variação do campo magnético, existe uma influência sobre uma carga elétrica. Sabendo como esse mecanismo funciona é possível direcionar as cargas elétricas, gerando energia elétrica.

4.4. Campo eletromagnético e geração de energia elétrica

Segundo as informações no site do Koima (2023) a produção de energia a partir de campos magnéticos é o fundamento básico da indução eletromagnética, descoberta por Michael Faraday em 1831. Esse conceito afirma que uma corrente elétrica pode surgir em um condutor quando ele é submetido a um campo magnético que varia com o tempo. Ao provocar alterações contínuas nesse campo na proximidade de um condutor, torna-se possível produzir eletricidade.

Segundo Halliday & Resnick (2016) os campos eletromagnéticos podem ser produzidos de duas formas. “A primeira forma consiste em usar partículas eletricamente carregadas em movimento, como os elétrons responsáveis pela corrente elétrica em um fio, para fabricar um eletroímã”. Já a outra forma consiste em utilizar um ímã permanente, como os utilizados em micro-ondas, os quais possuem um campo magnético permanente.

Os geradores magnéticos são equipamentos desenvolvidos para aproveitar esse fenômeno. Eles são formados por três partes essenciais descritas no Quadro 1:

Quadro 1 – Descrição das partes essenciais de geradores magnéticos

Campo Magnético Permanente	O gerador utiliza ímãs permanentes responsáveis por estabelecer um campo magnético constante. Esses ímãs podem ser de vários tipos, como ferrite ou neodímio, conforme a necessidade e a potência requerida.
Condutor:	No interior do gerador existe um condutor, geralmente de cobre ou outro material de alta condutividade elétrica. Ele é posicionado de

	modo a atravessar as linhas do campo magnético gerado pelos ímãs permanentes.
Movimento Relativo	Para que a eletricidade seja produzida, é indispensável que haja movimento relativo entre o condutor e o campo magnético. Isso pode ocorrer deslocando os ímãs permanentes ou fazendo o condutor girar em torno deles. Conforme o condutor cruza as linhas do campo magnético em movimento, uma corrente elétrica é induzida, conforme descrito na lei da indução eletromagnética de Faraday.

Fonte: KOIMA, 2023.

Segundo Koima (2023) os geradores magnéticos são empregados em equipamentos elétricos, abastecendo aerogeradores e centrais de energia. Nesses sistemas, o movimento mecânico consiste no giro de uma turbina eólica ou na rotação de uma turbina em uma usina hidrelétrica, sendo utilizado para criar o deslocamento relativo entre o campo magnético e o condutor.

Em publicação no site Koima (2023) a energia magnética exerce um papel essencial na geração de eletricidade limpa e sustentável. Ela é uma fonte de energia renovável que não libera poluentes atmosféricos ou gases do efeito estufa durante a produção de eletricidade. Além disso, possui a capacidade de armazenar a energia gerada pelos ímãs em baterias, o que possibilita a distribuição de energia elétrica de maneira eficiente.

4.4.1. O que são ímãs

Segundo Pâmela Raphaela Melo (2025) "O ímã é um material ferromagnético, que pode ser natural ou artificial, formado por um polo norte magnético e um polo sul magnético que não podem se separar, com linhas de força saindo do polo norte indo em direção ao polo sul". A polaridade presente nesse material é gerada pela orientação uniforme dos elétrons presentes nos átomos das moléculas que o constituem. Quando a rotação dos elétrons ocorre no mesmo sentido há geração de campo magnético, fazendo com que objetos sejam atraídos pelos ímãs.

Segundo Koima (2023) Os ímãs produzem energia por meio da indução eletromagnética. Os geradores magnéticos são elementos indispensáveis nos

sistemas de produção de energia elétrica, colaborando para a obtenção de eletricidade renovável e livre de poluição. A produção de energia magnética segue atuando como um fator primordial na procura por fontes energéticas mais eficientes e sustentáveis. Além disso, os ímãs têm um papel determinante num futuro energético mais verde e ecológico.

Segundo publicação no site Koima (2023) a aptidão dos ímãs para atrair materiais metálicos e a forma como eles afetam os campos magnéticos têm sido motivo de investigação e fascínio ao longo dos séculos. Entre suas utilidades mais interessantes e inesperadas está a capacidade de gerar energia elétrica.

4.5. Vantagens e desvantagens de ter um simulador de maremotriz disponível nos laboratórios

Existem algumas vantagens e desvantagens ao disponibilizar um simulador de maremotriz em energia elétrica em laboratórios escolares sendo os seguintes

- Aprendizado prático
- Aprendizado teórico
- Entendimento de como a energia se gera através das usinas maremotrizes
- Compreensão do funcionamento de geração de energia através de campos magnéticos
- Necessidade de espaço físico adequado
- Manutenção periódica dos componentes do protótipo
- Desgaste rápido do protótipo

5. METODOLOGIA

5.1. Cronograma e pesquisa teórica

A metodologia adotada para o desenvolvimento do protótipo de gerador de energia maremotriz começou com a elaboração do Cronograma (Quadro 2) e partiu para uma pesquisa mais aprofundada sobre o tema. Para tal foram consultados livros, artigos científicos e recursos online que abordam o funcionamento e os benefícios da energia marémotriz, além dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para garantir que os objetivos do trabalho em estivessem alinhados com o pelo menos 1 deles (04 – Educação de Qualidade).

Quadro 2 – Cronograma de execução das atividades do Projeto e do Trabalho de Conclusão de Curso.

ATIVIDADES	2025						2026					
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Escolha do tema. Definição do problema de pesquisa	X	X										
Definição dos objetivos, justificativa.	X	X	X									
Definição da metodologia.		X	X	X								
Pesquisa bibliográfica e elaboração da fundamentação teórica.		X	X	X	X	X						
Entrega da primeira versão do projeto.						X						
Entrega da versão final do projeto.						X						
Revisão das referências para elaboração do TCC.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaboração do Capítulo 1.				X								
Revisão e reestruturação do Capítulo 1 e elaboração do Capítulo 2.				X	X	X						
Revisão e reestruturação dos Capítulos 1 e 2. Elaboração do Capítulo 3.					X	X	X	X	X	X		
Elaboração das considerações finais. Revisão da Introdução.									X	X	X	
Reestruturação e revisão de todo o texto. Verificação das referências utilizadas.										X	X	
Elaboração de todos os elementos pré e pós-textuais.										X	X	
Entrega da monografia.											X	X
Defesa da monografia.												X

Fonte: Autoria própria, 2026

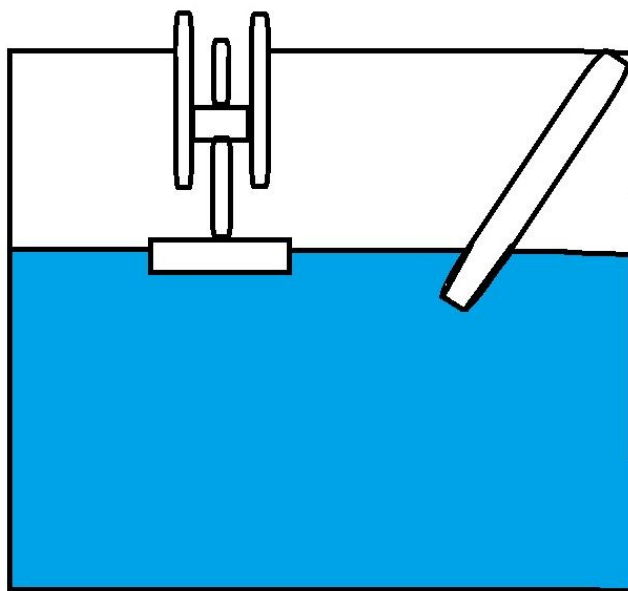
	Executado
	Em execução
	Não executado

5.2. Materiais para a construção do protótipo

Após a revisão da pesquisa teórica foi definido que a geração de energia elétrica do protótipo a ser construído se daria através da geração de um campo eletromagnético em função da facilidade que os integrantes do grupo possuíam em conseguir os materiais necessários para tal. Assim, primeiramente foi definido que seriam utilizados ímãs e fio de cobre (bobina) para geração de energia elétrica.

Após definido o tipo de forma de geração de energia foi desenvolvido o desenho base (croqui) (Figura 1) sem dimensões exatas baseados em vídeos na internet para ser utilizado como projeto original e, a partir dele, definiu-se o restante dos materiais a serem utilizados.

Figura 1 – Desenho base para montagem do simulador de marémotriz



Fonte: Autoria própria

Vale a pena destacar que, para a seleção, além do preço foram priorizados os materiais com baixo índice de degradação quando em contato por muito tempo com água, visto que boa parte dos componentes do simulador estaria submerso ou em contato direto com o líquido, aumentando a vida útil do projeto, o qual poderá ser utilizado por longo tempo sem correr o risco de aparecimentos de danos consequentes de ferrugem ou apodrecimento dos componentes. O valor gasto na compra de cada material está descrito na Tabela 1:

Tabela 1 – Valores gastos na aquisição dos materiais para o simulador

MATERIAL	VALOR (R\$)
Caixa organizadora	53,02
Fio de cobre	103,50
Imãs	*0,00
Isopor	**0,00
Linha de pesca	*0,00
Parafuso de acrílico	28,00
Tarugo de Nylon (7/8")	33,00
Tarugo de Nylon (3 ½")	*0,00
Tábua	10,00
TOTAL	227,52

*Doação

** Material reciclado

Fonte: Autoria própria

A seguir estão listados os materiais, equipamentos e ferramentas utilizados para o desenvolvimento do simulador de marémotriz:

5.2.1. Materiais para montagem

- Água (aproximadamente 25 litros)
- Caixa organizadora (50 litros);
- Fio de cobre esmaltado (Bitola 21 AWG);
- Imãs retirados de micro-ondas;
- Isopor (120 mm x 120 mm x 30 mm);
- Linha de pesca (35 mm x 1,5 m);
- Tábua (285 mm x 190 mm);
- Tarugo de Nylon (3 ½ " x 20 mm);
- Tarugo de Nylon (7/8" x 1 m);
- Parafuso de acrílico (M6 x 50 mm).

5.2.2. Equipamentos e ferramentas

Utilizando como referência o croqui, foi dado início ao levantamento dos demais materiais necessários para a construção do protótipo. Os equipamentos e ferramentas

foram definidos ao longo do processo de construção do protótipo conforme a necessidade.

- Broca 4 mm;
- Broca 8 mm;
- Broca 20 mm;
- Furadeira;
- Macho para rosca M6;
- Macho para rosca M10;
- Paquímetro (250 mm);
- Serra elétrica;
- Trena (5 metros);
- Torno mecânico;
- Voltímetro alicate.

6. DESENVOLVIMENTO

6.1. Função de cada material

Durante o desenvolvimento do projeto foi observado a função de cada material os quais estão descritos abaixo:

- **Caixa:** A caixa foi usada para conter a água e dar origem ao equipamento, sendo a base do projeto;
- **Água:** A água, juntamente com a pá agitadora, foi usada para transmitir energia mecânica ao sistema bastão-boia para a indução do campo eletromagnético;
- **Tarugo de Nylon 7/8”:** O tarugo (bastão) de Nylon foi utilizado para fixação do ímã a boia (sistema bastão-boia) responsável pelo movimento dos ímãs e, conseqüentemente, gerando um campo eletromagnético através do movimento da água;
- **Tarugo de Nylon 3 1/2”:** O tarugo de Nylon de 3 1/2” foi utilizado para confeccionar a bobina e o sistema de guia dos ímãs, apoiado na parte superior da tampa da caixa para guiar o sistema bastão-boia com o ímã, ajudando no controle de movimento e serviu como estrutura para a bobina;
- **Isopor:** O isopor foi usado para a confecção da boia responsável por possibilitar os movimentos verticais do sistema bastão-boia.
- **Fio de cobre:** O fio de cobre esmaltado foi utilizado para construção da bobina responsável, juntamente com o ímã, pela geração do campo eletromagnético e condução de energia elétrica através do movimento vertical do sistema bastão-boia.
- **Parafuso de acrílico:** O parafuso foi usado para fixar a boia a haste de nylon.
- **Parafuso de aço carbono:** Utilizado para fixar as duas partes das hastes do bastão boia e auxiliar na fixação dos ímãs

6.2. Procedimentos

Analisando o desenho do projeto foi observado que seria necessário dividir os procedimentos de montagem em módulos, ou seja, o simulador deveria ser construído em partes que, ao final, seriam juntadas para conseguir criar um sistema gerador de energia. Assim, a seguir, serão descritos de forma geral a função de cada material, os procedimentos da construção de cada módulo e a montagem final do simulador.

6.2.1. Bobina e guia

Na construção do suporte guia (Imagem 1 e 2) e bobina foi necessário usar uma peça cilíndrica oca de Nylon com diâmetro interno igual ao externo dos ímãs e “tampas” nas extremidades com furos passantes de 7/8” (Imagem 3) para que os ímãs fossem guiados de maneira a permitir o movimento uniforme vertical sem angulações que poderiam dificultar a passagem dos ímãs pela bobina, gerando menor energia. Além disso, foi necessário realizar o enrolamento de aproximadamente 20 m de fio de cobre esmaltado no canal do suporte cilíndrico para criar uma bobina com o intuito de gerar energia elétrica através do campo eletromagnético originado pelo movimento vertical do ímã na parte interna do suporte.

Imagem 1 – Bobina/suporte



Fonte: Autoria própria, 2026

Imagem 2 – Parte interna do suporte



Fonte: Autoria própria, 2026

Imagem 3 – Tampas para guia



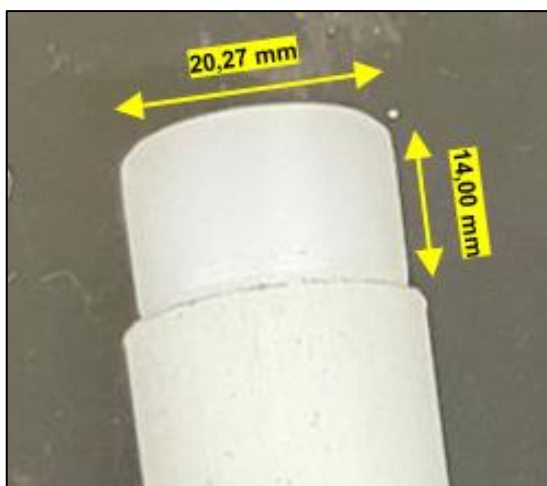
Fonte: Autoria própria, 2026

6.2.2. Bastão

A seleção do tamanho do diâmetro do bastão foi influenciada pelo tamanho interno do imã (21,50 mm). Tendo em vista que o material do bastão deveria ser maciço e o peso que este exerceria sobre a boia influenciaria no movimento vertical do sistema bastão-boia, optou-se por utilizar um bastão de Nylon (material mais leve) com diâmetro de 7/8".

Após a seleção do bastão foi necessário usinar uma de suas extremidades, diminuindo o diâmetro para 20,27 mm, para que fosse possível passá-lo no furo interno do imã, por um comprimento aproximadamente igual a altura do imã (14 mm) (Imagem 4).

Imagem 4 – Medidas da ponta usinada do bastão



Fonte: Autoria própria, 2026

Depois, com o auxílio de uma broca de aproximadamente 4 mm e uma peça macho manual M6, foi feito um furo cego roscado com profundidade aproximada de 55 mm no centro do diâmetro do bastão na extremidade desbastada (Imagem 5).

Imagem 5 – Rosca M6 no bastão



Fonte: Autoria própria, 2026

Por fim, foi medido a profundidade da caixa e, através de análise visual, o comprimento final que o bastão juntamente com os imãs deveria ter (aproximadamente 98 mm). Então, com o auxílio da serra elétrica (Anexo 1) bastão foi cortado e os mesmos procedimentos realizados na outra extremidade, diminuindo o diâmetro e efetuando o furo roscado M10 (Imagem 6).

Imagem 6 – Bastão usinado



Fonte: Autoria própria, 2026

Depois foi cortado outro bastão de Nylon de 7/8" com aproximadamente 250 mm de comprimento, usinando uma das extremidades com o diâmetro interno dos imãs e profundidade de 20 mm, realizado um furo roscado M10 na extremidade usinada.

6.2.3. Arruelas

As arruelas utilizadas no projeto foram confeccionadas pelos próprios integrantes do grupo com parte dos materiais disponibilizados na oficina mecânica da escola (barra redonda de Nylon de 1 1/4" mm).

A confecção das arruelas foi feita pelo processo de corte manual a serra arco (Anexo 2) e furação com broca de aproximadamente 6 mm e 20 mm com o auxílio da furadeira de bancada (Anexo 3).

6.2.3.1. Arruela da boia

Para a confecção da arruela para fixação da boia (Imagem 7) foi realizada a medição da altura mínima (4 mm) que a arruela deveria ter para o projeto e foi serrada. Finalizando, foi feito um furo passante de 6 mm no centro do pedaço de Nylon serrado

e as rebarbas nos cantos da peça originadas da serragem foram retiradas com o auxílio de esmeril (Anexo 4) e lima murça (Anexo 5).

Imagem 7 – Arruela



Fonte: Autoria própria, 2026

6.2.3.2. Arruela para fixação dos imãs

Para a confecção da arruela para fixação da boia foi realizada a medição da altura mínima (10 mm) que a arruela deveria ter para o projeto e foi serrada. Finalizando, foi feito um furo passante de 20 mm no centro do pedaço de Nylon serrado e as rebarbas nos cantos da peça originadas da serragem foram retiradas com o auxílio de esmeril e lima murça.

6.2.4. Tampa da caixa (sistema de sustentação/guia/bobina e agitação)

Na construção do sistema de agitação da água simulando ondas, o primeiro procedimento a ser realizado foi a abertura do furo na tampa de aproximadamente 60 mm perto de uma das extremidades da caixa para servir de sustentação a estrutura da bobina e ao guia do sistema bastão-boia

Devido a falta de serra copo com as dimensões necessárias, foi preciso fazer a marcação do local e tamanho do furo a ser aberto (70 mm) e, com uma broca de aproximadamente 5 mm, fazer diversos furos ao longo da linha demarcada, sendo, ao final, forçada a saída da parte interna do conjunto de furos de forma manual e a retirada das irregularidades da borda com uma lima murça (Imagem 8).

Imagem 8 – Furo na tampa



Fonte: Autoria própria, 2026

Após feito o furo maior, foi necessário medir o comprimento (28,5 cm) da tábua de cozinha, bem como sua largura (19 cm) e abrir 2 pares de furos, com o auxílio de uma broca de aproximadamente 6 mm e a furadeira, na extremidade mais distante do furo maior da tampa da caixa ficando a uma distância de cerca de 30 mm do furo maior (Imagem 9).

Imagem 9 – Furos menores na tampa



Fonte: Autoria própria, 2026

Além dos furos na extremidade mais distante, foi necessário abrir mais 2 furos a uma distância de 15,00 mm em relação aos furos da outra extremidade.

Também foi necessário fazer 4 furos, 1 em cada canto da tábua (Imagem 10), com distância semelhante a existente entre os pares de furos na tampa da caixa (Imagem 11).

Imagem 10 – Furos mais longes na tampa



Fonte: Autoria própria, 2026

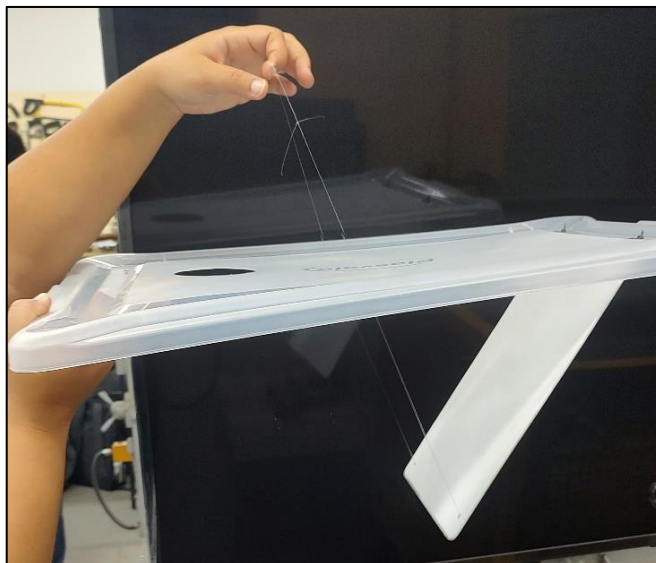
Imagem 11 – Furos mais longes na tampa



Fonte: Autoria própria, 2026

Após o processo de furação, com o auxílio de duas abraçadeiras de Nylon, uma extremidade da tábua foi fixada a tampa da caixa e na outra, com o auxílio de aproximadamente 1,5 m de linha de pesca de 0,35 mm, foi feito o sistema de agitação da água (Imagem 12).

Imagem 12 – Sistema de agitação

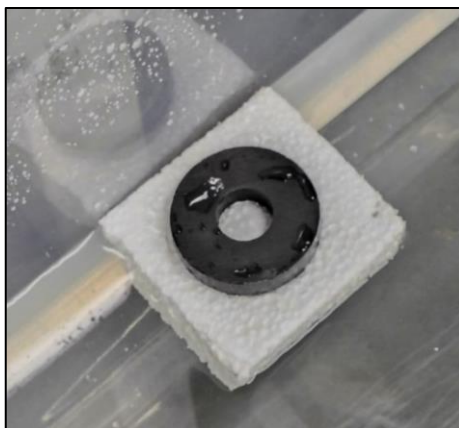


Fonte: Autoria própria, 2026

6.2.5. Boia

O processo de confecção da boia realizado foi simples, cortou-se um pedaço de isopor de 12 cm de comprimento por 12 cm de largura e 5 cm de altura, que imerso na água suportou o peso de 1 imã (Imagem 13). Esse teste ajudou a definir o dimensionamento inicial da boia.

Imagem 13 – Teste da boia



Fonte: Autoria própria, 2026

Após o teste, foi visto que seria necessário cortar mais outro pedaço de isopor para compor a boia. Para auxiliar na fixação da boia foi necessário realizar as furações demonstradas nas Imagens 14 e 15.

Imagem 14 – Boia furada para fixação no bastão



Fonte: Autoria própria, 2026

Imagem 15 - Boia furada para fixação com arruela e parafuso de acrílico



Fonte: Autoria própria, 2026

6.2.6. Montagem do protótipo

Após preparar todos os materiais foi realizado a montagem do protótipo iniciando pelo sistema de agitação da água através da fixação de uma extremidade da tábua a tampa da caixa com o auxílio de 2 abraçadeiras de nylon (Imagem 16) e a outra extremidade a uma linha de pesca livre para movimentação (Imagem 17), a qual fica fixa na tábua e passa por furos na tampa, possibilitando a agitação da água e gerando ondas para gerar a movimentação do bastão com o imã e a boia fixados.

Imagem 16 – Fixação da tábua com abraçadeira



Fonte: Autoria própria, 2026

Imagem 17 – Fixação da tábua com linha de pesca



Fonte: Autoria própria, 2026

Seguidamente foi realizada a montagem da boia e do imã no bastão através da fixação com parafusos de acrílico. Para tal foi necessário encaixar o imã em uma das extremidades do bastão (Imagem 18), rosquear parte de uma barra roscada M10 com aproximadamente 60 mm de comprimento, centralizar o furo interno da arruela mais alta ao da extremidade do bastão, encaixar outro imã na extremidade do outro bastão e rosquear o bastão na extremidade que sobrou da barra roscada (Imagem 19).

Imagem 18 – Imã encaixado no bastão



Fonte: Autoria própria, 2026

Imagem 19 – Imã fixo no bastão



Fonte: Autoria própria, 2026

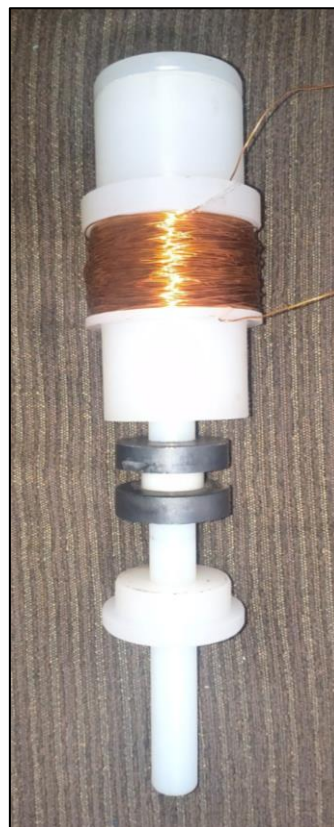
Assim, após a montagem do sistema de agitação, do bastão e da bobina, encheu-se a caixa com aproximadamente 15 cm de água, encaixou-se uma das tampas a uma extremidade do suporte da bobina, encaixou-se o bastão com os imãs no furo da tampa fixada pela parte interna do suporte e encaixou-se a outra tampa para fechar o suporte (Imagens 21, 22 e 23).

Imagem 21 – Demonstração da parte interna suporte



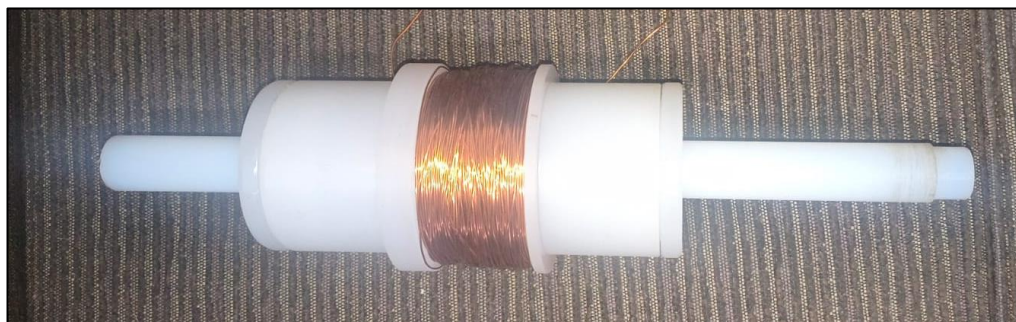
Fonte: Autoria própria, 2026

Imagem 22 – Suporte parcialmente montado



Fonte: Autoria própria, 2026

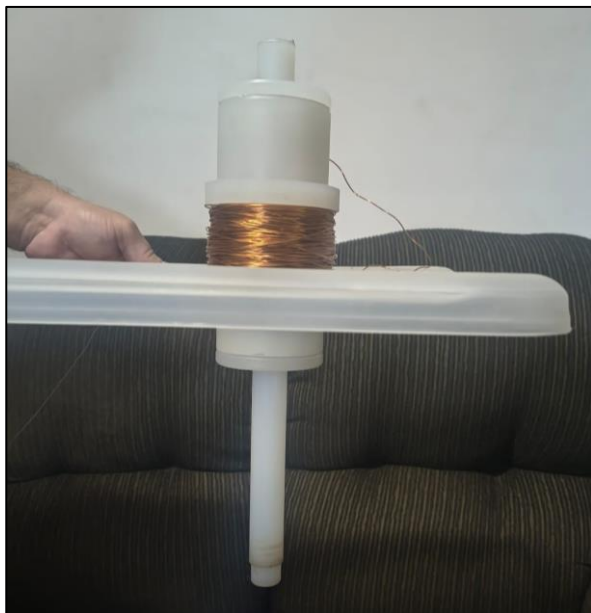
Imagem 23 – Sistema suporte e bobina montado



Fonte: Autoria própria, 2026

Em seguida, encaixou-se o suporte na parte superior da tampa da caixa deixando a extremidade usina na parte interna (Imagem 24) e fixou-se a boia na extremidade do bastão com a arruela mais fina e o parafuso de acrílico, centralizando o furo da arruela menor ao do bastão e rosqueando o parafuso para fixação da boia (Imagem 55).

Imagem 24 – Suporte encaixado na tampa da caixa



Fonte: Autoria própria, 2026

Imagem 25 – Boia fixada no bastão



Fonte: Autoria própria, 2026

Após todos os procedimentos realizados, a caixa foi fechada e a montagem do protótipo foi finalizada (Imagem 26).

Imagem 26 – Protótipo completamente montado



Fonte: Autoria própria, 2026

7. RESULTADOS

Seguidamente a montagem foi feito o teste para garantir que o sistema de bobina conseguiria realmente produzir o campo eletromagnético e gerar energia através da simulação manual de ondas. O resultado foi a geração de uma corrente elétrica de até 2,76 Ampere (Imagem 25), indicando a montagem correta da bobina.

Imagem 25 – Teste da eficiência da bobina



Fonte: Autoria Própria, 2026

Então, após o teste da bobina o protótipo foi montado por completo, no entanto, ao realizar colocar o protótipo em funcionamento a geração de energia medida máxima foi uma corrente elétrica de 0,05 Ampere (Imagem 26), ou seja, bem menor que a obtida no teste manual. Também foi observado que é necessário encontrar a frequência correta de agitação para que a movimentação do bastão faça com que os ímãs consigam passar por completo pela bobina e gerar energia.

Imagem 26 – Corrente elétrica máxima gerada pelo simulador



Fonte: Autoria própria, 2026

8. CONCLUSÃO

Observando os resultados obtidos e os objetivos propostos, percebe-se que o presente trabalho conseguiu demonstrar de forma satisfatória a geração de energia elétrica por meio do simulador maremotriz construído. Os testes manuais realizados evidenciaram o potencial de funcionamento da bobina, uma vez que foi capaz de gerar uma corrente elétrica de 2,76 Amperes durante os ensaios iniciais, comprovando a viabilidade do princípio de indução eletromagnética adotado, no entanto, o simulador construído não conseguiu atingir seu potencial máximo da bobina, gerando uma corrente elétrica consideravelmente mais baixa de 0,05 Amperes.

Observando o funcionamento do protótipo é possível perceber que o sistema pode não conseguir gerar uma corrente elétrica maior devido as dimensões dos materiais utilizados e do sistema de agitação da água influenciada pelo fator humano (cansaço devido a agitação manual), ao tamanho da caixa (poderia ser maior para se obter ondas mais intensas) ou o próprio sistema de agitação.

Dessa forma, conclui-se que, mesmo com o baixo nível de geração energia, o simulador pode ser aperfeiçoado e consegue demonstrar perfeitamente a geração da energia maremotriz através do princípio de indução eletromagnética demonstrando potencial para servir como ferramenta didática para o estudo da energia maremotriz e das energias renováveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRS. E se o petróleo acabar? Será que o mundo estaria preparado? Descubra! E se o petróleo acabar? Será que o mundo estaria preparado? Descubra!. Disponível em: <https://brsenergiasolar.com.br/e-se-o-petroleo-acabar/#:~:text=Sim!,o%20petr%C3%B3leo%20ir%C3%A1%20se%20esgotar>. Acesso em: 30 de out de 2025.

CENTRO PAULA SOUZA. Etec Trajano Camargo. Disponível em: <https://www.cps.sp.gov.br/etecs/etec-trajano-camargo/>. Acesso em: 11 de set de 2025.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAJUBÁ. Entenda a importância das aulas práticas no ensino superior. Disponível em: <https://fepi.br/entenda-a-importancia-de-aulas-praticas-no-ensino-superior/#:~:text=Elas%20transformam%20o%20conhecimento%20te%C3%B3rico,forma%C3%A7%C3%A3o%20superior%20completa%20e%20relevante>. Publicado em 19 de set de 2023. Acesso em: 30 de out de 2025.

COLÉGIO POSITIVO. Por que é melhor aprender por meio da prática? Publicado em: 30 de set de 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/especial-publicitario/colégio-positivo/para-um-futuro-positivo/noticia/2020/09/30/por-que-e-melhor-aprender-por-meio-da-pratica.ghtml>>. Acesso em: 16 de out de 2025.

HALLIDAY, David e RESNICK, Robert. Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10.ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

KOIMAS. Como os ímãs geram energia: a ciência por trás da geração de energia magnética. Publicado em: 12 de set de 2023. Disponível em: <https://koimas.com.br/como-os-imas-geram-energia/?srltid=AfmBOoqh6gysNXv2eAD9K9WyJd1iJRhQ2MttA6F2THz7OKE9zDCcEWVa>. Acesso em: 18 de set de 2025.

MEDEIROS, Rozélia. Energia renovável. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/energia-renovavel%E2%80%AF/#:~:text=Energia%20renov%C3%A1vel%20%C3%A9%20aquela%20que,por%C3%A9m%20existem%20em%20quantidade%20limitada>. Pub. 03 de dez de 2021.

MELO, Pâmella Raphaella. Campo magnético. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico.htm>. Acesso em 29 de novembro de 2025.

PORTAL SOLAR. Energia renovável: o que é, tipos e fontes de energia renovável e não renovável e exemplos. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-renovavel>. Acesso em: 11 de set de 2025.

TECNOGERA. Confira as vantagens e desvantagens da energia das marés. Disponível em: <https://tecnogera.com.br/blog/confira-as-vantagens-e-desvantagens-da-energia-das-mares/#:~:text=Energia%20maremotriz%20%C3%A9%20gerada%20atrav%C3%A9s,no%20m%C3%ADnimo%205%2C5%20metros>. Acesso em: 18 de set de 2025.

SILVA, Ana Carla da; AGUIAR, Daniane Ferretti França de; ASSAD, Samantha da Silva. Transformação de energia mecânica em energia elétrica. I Simpósio Sul Capixaba de Engenharia. Disponível em: <https://www.saocamilo-es.br/midias/documentos/hotsite/simposio/submissoes/2015/b96c039444d6889f453c13b3e32893d309f49f05.pdf>. Acesso em: 18 de set de 2025.

ANEXOS

Anexo 1 – Serra elétrica



Fonte: Autoria própria

Anexo 2 – Serra arco



Fonte: Autoria própria

Anexo 3 – Furadeira de bancada



Fonte: Autoria própria

Anexo 4 – Esmeril



Fonte: Autoria própria

Anexo 5 -Lima murça utilizada



Fonte: Autoria própria, 2026