



Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Interdisciplinar de Ciências e Tecnologia
Centro Multidisciplinar de Caraúbas – CMC
Departamento de Ciências e Tecnologia - DCT

ERICK GURGEL PRAXEDES

**PROJETO PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE
EQUIPAMENTO ESPORTIVO COMO MEIO DE CONSCIENTIZAÇÃO SOCIAL E
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN**

CARAÚBAS

2022

ERICK GURGEL PRAXEDES

**PROJETO PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE
EQUIPAMENTO ESPORTIVO COMO MEIO DE CONSCIENTIZAÇÃO SOCIAL E
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências e Tecnologia. Sob
orientação do Professor Dr. Mackson
Matheus França Nepomuceno.

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

P919p Praxedes, Erick .
PROJETO PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR
MEIO DE EQUIPAMENTO ESPORTIVO COMO MEIO DE
CONSCIENTIZAÇÃO SOCIAL E AMBIENTAL NO MUNICÍPIO
DE CARAÚBAS-RN / Erick Praxedes. - 2022.
50 f. : il.

Orientador: Mackson Nepomuceno .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. Ciclismo. 2. Energia. 3. Conscientização. I.
, Mackson Nepomuceno, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

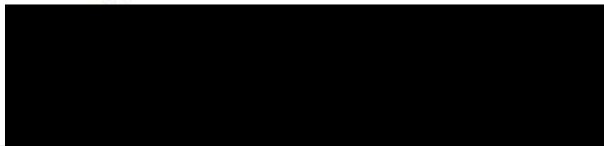
ERICK GURGEL PRAXEDES

**GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE EQUIPAMENTO
ESPORTIVO COMO MEIO DE CONSCIENTIZAÇÃO SOCIAL E AMBIENTAL NO
MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências e Tecnologia. Sob
orientação do Professor Dr. Mackson
Matheus França Nepomuceno.

Defendida em: 14 de junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Mackson Matheus França Nepomuceno – UFERSA
Presidente e orientador



Prof. Dr. Francisco de Assis Brito Filho – UFERSA
Primeiro Membro



Me. Marcos Vinícius de Mendonça Ferreira – UFERSA
Segundo Membro

RESUMO

Mesmo com os avanços tecnológicos que acompanham a humanidade desde o final do último século, a necessidade de buscarmos formas mais eficientes e sustentáveis de geração de energia é cada vez mais crescente, visto que esses avanços não representaram uma diminuição nas desigualdades que insistem em afetar o planeta. Em uma cidade como Caraúbas, localizada no oeste do Rio Grande do Norte, o cenário não é diferente, os avanços tecnológicos não chegam em cidades do interior da mesma forma e rapidez em que chegam nas grandes metrópoles, porém, a desigualdade não segue esta mesma linha e continua afetando os cidadãos do município. Logo, para conscientizar a sociedade, poderes públicos e privados desta cidade de 20.588 habitantes (IBGE, 2021), utilizando da divulgação científica, este trabalho propõe a criação de uma bicicleta geradora de energia elétrica. Este equipamento, produzido com o menor custo possível, consiste em uma bicicleta que tem através de uma correia, seu aro traseiro associado ao rotor de um alternador automotivo, equipamento que utiliza dos princípios da Lei de Faraday-Lenz para induzir uma corrente elétrica e com esta carregar uma bateria de ácido-chumbo. A bicicleta ficará alocada em um espaço público, como uma praça em um ambiente com banners e cartazes com informações técnicas e teóricas sobre o projeto e de como nós enquanto indivíduos podemos fazer nossa parte para termos um mundo menos desigual e mais sustentável. A energia que será armazenada nas baterias posteriormente será utilizada para fins em locais públicos, podendo até ser utilizada na praça em que está localizado o projeto e em residências de famílias em situação de vulnerabilidade social residentes na cidade.

Palavras Chave: Ciclismo, energia, conscientização.

ABSTRACT

Even with the technological advances that have accompanied humanity since the end of the last century, the need to seek more efficient and sustainable ways of generating energy, the advances also did not necessarily represent a decrease in the inequalities that insist on affecting the planet. In a city like Caraúbas, located in the west of Rio Grande do Norte, the thing is no different, technological advances do not arrive in cities in the interior in the same way and speed in which they arrive in large metropolises, however, inequality is not the same. It continues to affect citizens of the municipality. Therefore, to raise awareness of public and private society in this city of 20,588 inhabitants (IBGE, 2021), using scientific dissemination, it was thought of creating a bicycle that generates electricity, which is produced at the lowest possible cost, consists of a bicycle which has, through a belt, its rear rim associated with the rotor of an automotive alternator, equipment that uses the principles of the Faraday-Lenz Law to induce an electric current and with this to charge a lead-acid battery. The bicycle will be allocated in a public space, like a square in an environment with banners and posters with technical and theoretical information about the project and how we as individuals can do our part to have a less unequal and more sustainable world. The energy stored in the batteries will be used in public places, and may even be used in the square where the project is located, and in the homes of socially vulnerable families residing in the city.

Keywords: Cycling, energy, awareness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Campo Elétrico.....	14
Figura 2: Campo Magnético.....	15
Figura 3: Sistema de geração de energia elétrica através de uma bicicleta.....	21
Figura 4: Rotor do alternador.....	23
Figura 5: Estator do alternador.....	23
Figura 6: Ilustração retificador.....	24
Figura 7: Retificador.....	24
Figura 8: Partes da Bateria de Ácido–Chumbo.....	25
Figura 9: Projeto relacionado 1.....	28
Figura 10: Gerador acoplado a bicicleta	29
Figura 11: Gasto calórico da atividade física pedalar.....	32
Figura 12: Modelo em 3D da bicicleta geradora–frontal.....	36
Figura 13: Modelo em 3D da bicicleta ampliado.....	36
Figura 14: Modelo 3D posterior esquerda da bicicleta.....	36
Figura 15: Página Inicial 1.....	37
Figura 16: Página Inicial 2.....	38
Figura 17: Botões do modelo 3D.....	39
Figura 18: Menu do botão Medir.....	40
Figura 19: Botão Expandir.....	40
Figura 20: Página Inicial 3.....	41
Figura 21: Página O Projeto.....	41
Figura 22: Entenda o Projeto.....	42
Figura 23: Simulação com uma espira.....	43
Figura 24: Simulação com duas espiras.....	43
Figura 25: Discutindo o Projeto.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela nutricional.....	33
Tabela 2: Relação de equipamento e seu tempo de uso suportado por uma bateria ácido-chumbo de 12V e 40Ah.....	34
Tabela 3: Valores dos componente da bicicleta geradora.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivos Gerais.....	12
2.2	Objetivos Específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	Leis de Maxwell.....	13
3.1.1	Alguns conceitos sobre o eletromagnetismo.....	14
3.1.2	Lei de Gauss.....	16
3.1.3	Lei de Gauss para o Magnetismo.....	16
3.1.4	Lei de Faraday-Lenz.....	17
3.1.5	Lei de Ampere-Maxwell.....	18
3.2	Transferência de Energia.....	19
3.2.1	Gasto energético do(a) ciclista.....	20
3.2.2	Caminho percorrido pela energia deste sistema.....	20
3.3	Bateria de Ácido-Chumbo.....	24
3.3.1	Funcionamento da Bateria de Ácido-Chumbo.....	27
3.4	Projetos relacionados.....	28
4	METODOLOGIA.....	30
5	RESULTADOS.....	32
5.1	Potencial humano de geração.....	32
5.2	Custos da montagem do projeto.....	34
5.3	Construção do modelo 3D.....	35
5.4	Site.....	37
5.4.1	Página Inicial.....	37
5.4.2	O Projeto.....	41
5.4.3	Entenda o Projeto.....	41
5.4.4	Discutindo o Projeto.....	44
5.5	Dados sobre Caraúbas - RN.....	44
6	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Uma das grandes questões dos tempos modernos é como podemos ter uma maior eficiência energética, e isto, é claro, passa pela geração em si mas também em formas mais limpas de alcançar este objetivo. Isto, em grande parte, se deve ao fato de que o desenvolvimento da indústria passa por meios mais eficientes de produção, uma vez que o consumo de energia elétrica em uma fábrica, por exemplo, vem principalmente de sua utilização como força motriz de indução trifásica (GASPAR, 2004), e segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020, o consumo da indústria equivale a 35% da produção nacional, seguida pelo consumo das famílias, que equivale a 30% (PESQUISA ENERGÉTICA, 2020).

Grandes efeitos negativos gerados pela pandemia causada pela COVID-19 afetou a eficiência dos mercados internacionais (DE SOUZA, 2020), e da sociedade mundial como um todo, com isso, a crise sanitária enfrentada a partir de 2020 mostrou a importância das ações de cada um no enfrentamento de problemas que atingem o coletivo. Mostrou, principalmente, como são fundamentais os cuidados que devemos ter com nossa saúde física e mental.

Tendo em vista a importância das energias renováveis, visando chamar a atenção da sociedade para a parte que cada um pode fazer para alcançarmos um desenvolvimento social, ambientalmente sustentável e saudável, e, assim ajudar no enfrentamento dos problemas mencionados anteriormente, pensou-se na criação de um equipamento capaz de transformar o gasto calórico de uma pessoa em energia elétrica. Este equipamento é composto por uma bicicleta que tem seu aro traseiro ligado, através de uma correia, a um alternador. O alternador, por sua vez, faz uso da Lei da Indução de Faraday-Lenz e utiliza de ímãs e bobinas para induzir uma corrente alternada, esta que após passar pelo retificador, carrega uma bateria de ácido-chumbo.

Podemos também, antes da análise de viabilidade social do uso do protótipo, observarmos a importância de um equipamento de geração de energia alocado em local público como ferramenta de demonstração e aplicação das Equações de Maxwell, mais especificamente a equação de Faraday-Lenz, para fins educativos. Não se restringindo ao estudo do eletromagnetismo, podemos também analisar o fenômeno de transformação das calorías do ciclista em movimento de rotação da coroa da bicicleta.

Este protótipo estará localizado na cidade de Caraúbas, um município de mais de vinte mil habitantes localizada no Oeste Potiguar. Quase que central, é uma cidade bem localizada que faz fronteira com nove outros municípios. Em Caraúbas está localizado um dos quatro *campi* da

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), com isso, a cidade recebe estudantes diariamente, geralmente das cidades vizinhas, e pessoas de todo o Brasil que vêm para morar.

Para fins de contextualizar e de fato explicar os fenômenos que envolvem a elaboração e todo o processo de implementação do equipamento, desde o gasto energético e até a armazenagem desta, o referencial teórico do presente trabalho trás, inicialmente, uma introdução sobre as Leis de Maxwell falando um pouco sobre o próprio matemático e alguns conceitos sobre o eletromagnetismo, trazendo também definições e explicações sobre cada uma das chamadas Equações de Maxwell, especialmente a Lei de Indução Eletromagnética.

Dito isso, também será abordado sobre o processo de transmissão da energia desde o giro da coroa até o rotor do alternador, quando inicia a explicação de como este equipamento, muito utilizado na indústria automotiva, trabalha para a que possa transformar o movimento do seu rotor em energia elétrica, energia esta que será armazenada em uma bateria de ácido-chumbo, equipamento utilizado para armazenar energia que é tratado sobre na última subseção deste capítulo.

Na metodologia do presente trabalho é explicado como se deu a elaboração desta pesquisa, desde como foi feita a imersão nos conteúdos e conceitos que norteiam o objeto desta pesquisa, até a forma como foram obtidos os resultados da mesma, presente no item 4. Este último nos apresenta o modelo em 3D do equipamento e site que foram criados, além de uma análise de oferta e demanda quanto a grupos de atletas disponíveis para serem voluntários no carregamento das baterias, e de famílias que necessitem desta energia, logo, mostrando a real necessidade de nos conscientizarmos quanto aos meios mais eficientes e menos nocivos de geração de energia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

- Conscientizar, utilizando uma bicicleta geradora de energia elétrica a partir do exercício físico da pedalada, a população do município de Caraúbas - RN sobre as atitudes de cada indivíduo na construção de uma sociedade econômica e ambientalmente sustentável chamando atenção para o enfrentamento para os meios de geração de energia limpa, frisando a importância da produção científica como aliada neste processo e chamando atenção para a crise energética e a importância dos cuidados com nossa saúde.

2.2 Objetivos Específicos

- Entender as leis e os princípios que regem as transformações de energias presentes neste método de geração de energia elétrica;
- Análise do gasto calórico e a energia elétrica gerada através deste;
- Análise de quais equipamentos e por quanto tempo estes podem ser abastecidos pela energia gerada na bicicleta;
- Investigação do número de famílias em estado de vulnerabilidade social, com o intuito de verificar a existência de demanda por meios alternativos de energia.
- Investigação da existência de grupos de ciclismo e a quantidade de praticantes deste esporte, analisando a oferta geração de energia para a carga das baterias.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Leis de Maxwell

James Clerk Maxwell foi um físico e matemático escocês, nascido em 1831 na capital Edimburgo e faleceu no ano de 1879, em Cambridge, Inglaterra. Desde muito cedo, Maxwell despertou o interesse e demonstrou ter habilidades na área da matemática (PUIG, 2014). Aos quinze anos apresentou um estudo sobre um novo método de se traçar curvas ovais, quatro anos depois foi estudar matemática no *Trinity College*, e quando obteve a graduação, apresentou à renomada Sociedade Filosófica de Cambridge um de seus poucos artigos que são puramente matemáticos, o *On the Transformation of Surfaces by Bending* (OBERZINER, 2008).

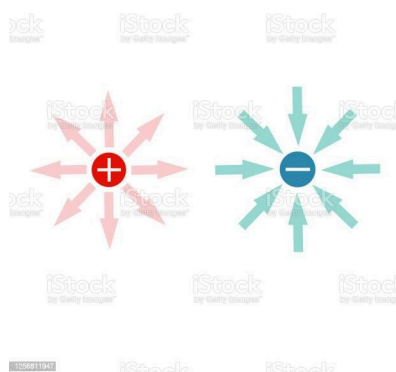
Por volta do ano de 1860, Maxwell passa a lecionar e a focar seu trabalho na área da física, ano que inicia seus estudos sobre as teorias do eletromagnetismo. Fez uma análise dos estudos feitos por Michael Faraday, e, interessado em entender a teoria por trás do conceito de linhas de força trazido por Faraday em seus experimentos (PUIG, 2014), estudando profundamente cargas elétricas e magnéticas e seus respectivos campos, como essas cargas geram campos, também como um campo elétrico variável no tempo gera um campo magnético também variável, e sua recíproca. Esse trabalho foi iniciado com a publicação do artigo *On Faraday's lines of force* (MAXWELL, 2021), seguido dos artigos *On physical lines of force* (MAXWELL, 2010), *A dynamical theory of the electromagnetic field* (MAXWELL, 1865) e, por fim, *A treatise on electricity and magnetism* (MAXWELL, 2014), fundamentais para o fim do pensamento mecanicista (BEZERRA, 2006).

No final do século XIX, Maxwell revoluciona a física, pois o estudioso chega a quatro equações diferenciais parciais, estas que de forma simples descrevem tanto os fenômenos elétricos como os magnéticos, ficando, assim, demonstrado que a eletricidade e o magnetismo fazem parte da mesma teoria.

3.1.1 Alguns conceitos sobre o eletromagnetismo

- **Campo Elétrico ($\vec{E}$):** Sabemos que um corpo emana um campo gravitacional ao seu redor e, mesmo sem estar em contato direto com outro corpo que esteja na região deste campo, ele aplica uma força gravitacional. Da mesma maneira funciona um corpo eletricamente carregado, ao seu redor é formada uma região que interage com partículas imersas nelas, sendo esta área de influência chamada de campo elétrico. O campo elétrico gerado por uma carga carregada aplica uma força elétrica (SADIKO, 2004). Este campo é representado por setas: quando o corpo está carregado positivamente, as setas ficam no sentido de dentro para fora da carga, e quando carregada negativamente as setas têm sentido de fora para dentro do corpo, como visto na figura 1.

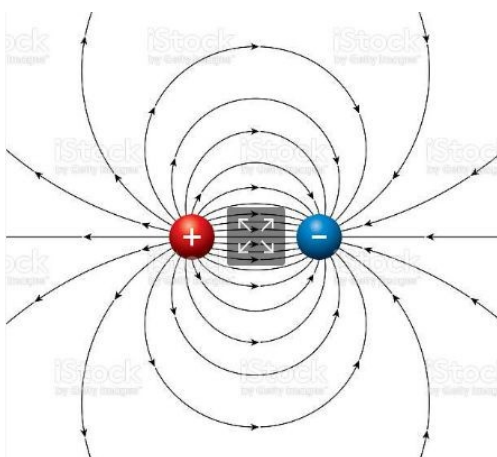
Figura 1: Campo Elétrico.



Fonte: Istock by Getty Images.

- **Campo Magnético ($\vec{B}$):** Como não foi constatado ainda o monopolo, um corpo magneticamente carregado forma uma bipolaridade, um lado é chamado de norte e o outro de sul, este arranjo é comumente chamado de ímã (SADIKO, 2004). Do ímã é emanado um campo magnético representado por linhas de campo que saem do polo positivo e entram no polo negativo. Assim como o campo elétrico, o campo magnético é uma região de influência do ímã gerador a outros corpos. Cargas em movimento são capazes de gerar um campo magnético, ou seja, a corrente pode gerar um campo $\vec{H}$ e isto ocorre até mesmo no ímã em nível molecular (LAGE, 2021). A figura 2 mostra como funciona esse fluxo.

Figura 2: Campo Magnético.



Fonte: Istock by Getty Images.

- **Permissividade Elétrica (ϵ_o):** A permissividade elétrica é uma propriedade que está relacionada a capacidade que uma matéria tem de se polarizar quando imerso em um campo elétrico, ou seja, a capacidade de um corpo tem de resistir a uma carga que está induzindo um campo em sua proximidade. A permissividade elétrica no vácuo é constante vale $\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$.
- **Permeabilidade Magnética (μ_o):** Ao inserirmos um certo corpo de determinado material em uma região onde há um campo magnético, notaremos a presença de um campo magnético no interior do corpo inserido, resultado da sobreposição entre a magnetização do material pelo campo gerado no material devida esta magnetização, logo a razão entre esses campos é chamada de permeabilidade magnética. Assim com a permissividade elétrica no vácuo, a permeabilidade magnética no vácuo é $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$.
- **Densidade de corrente ($\vec{J}$):** A densidade de corrente diz respeito a quantidade de corrente que passa em uma determinada superfície. Matematicamente é descrita como:

$$\vec{J} = \rho_v \vec{v} \quad (1)$$

Onde ρ_v é a densidade de carga e $\vec{v}$ é a velocidade com que estas cargas se movem. Relacionando com uma corrente I , temos,

$$I = \oint_s \vec{J} \cdot d\vec{S} \quad (2)$$

3.1.2 Lei de Gauss

Em seus estudos, o matemático alemão, Karl Friedrich Gauss (1777-1855) faz a relação entre carga e fluxo. De acordo com a sua polaridade, uma carga pode emanar (cargas positivas) ou receber (cargas negativas) linhas de campo. Ao inserir uma superfície gaussiana (fechada), em volta de uma ou mais cargas, através de um produto escalar é possível deduzir o fluxo de campo elétrico que atravessa a superfície, com isso Gauss chegou à conclusão de que as linhas de campo que atravessam uma superfície gaussiana são proporcionais à carga total líquida que está envolta por esta superfície. A primeira equação de Maxwell, mostra ser uma alternativa bastante eficaz nos cálculos envolvendo campo elétrico e superfícies mais simples e cargas com uma distribuição simétrica. Gauss descreve matematicamente como:

$$\phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{interna}}{\epsilon_o} \quad (3)$$

Onde ϕ_E é o fluxo de campo, $\vec{E}$ é o campo elétrico e $Q_{interna}$ é a carga inserida na superfície gaussiana. Aplicando o Teorema da Divergência, temos:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho_v}{\epsilon_o} \quad (4)$$

Onde ρ_v é a densidade volumétrica de carga. Assim, obtemos a forma diferencial ou pontual da Lei de Gauss, enquanto a equação (3) é a forma integral. É válido salientar que aplicando o teorema da divergência na Lei de Coulomb, chega-se à Lei de Gauss, uma vez que essa é um caso particular desta lei (SADIKO, 2004).

3.1.3 Lei de Gauss para o Magnetismo

O estudo do magnetismo é uma ação da física, já suas aplicações é tarefa da engenharia. Estas aplicações estão espalhadas em todo nosso cotidiano, seja em computadores, celulares, televisões, ímãs de geladeira, entre outros. A Lei de Gauss na eletricidade estabelece a relação entre o fluxo de campo elétrico em uma superfície fechada e a carga interna, porém, no magnetismo não foi comprovado ainda a existência de carga magnética (monopolo magnético), o que diferencia a Lei de

Gauss para o magnetismo da lei para a eletrostática, com isso, Gauss, há mais de dois séculos estabelece sua lei para o Magnetismo. Assim, como na eletrostática, um fluxo magnético ϕ_B que atravessa uma superfície fechada é proporcional a carga inserida nesta, porém, como já dito, não há comprovação do monopolo magnético, portanto:

$$\phi_B = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0. \quad (5)$$

Aplicando o Teorema da Divergência, temos:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0, \quad (6)$$

o que é totalmente plausível uma vez que, ao inserirmos uma superfície gaussiana em um sistema magnetostático, o número de linhas de campo magnético que entram na superfície é igual ao que sai fazendo com que o fluxo seja igual a zero.

3.1.4 Lei de Faraday-Lenz

Onze anos após a descoberta de Oersted (1777-1851), de que corrente contínua gera campo magnético, Michael Faraday (1791 - 1867) descobre que um Campo Magnético variável no tempo gera corrente elétrica (HEWITT, 2015). Em seus experimentos, Faraday percebe que um campo magnético variável produz uma tensão (mais tarde chamada de tensão induzida ou força eletromotriz, a *fem*) em um circuito fechado, algo que não ocorre na magnetostática. Faraday, ao mover um ímã próximo a uma espira fechada, ou seja, variar o fluxo de campo magnético que atravessa a curva, observou o surgimento de uma corrente (corrente induzida) que percorre a espira, mesmo, inicialmente, não deduzindo fórmulas para este fenômeno, o físico percebe que a intensidade da *fem* induzida dependia da rapidez com que movimentamos o ímã através da espira.

Faraday também constou que uma barra metálica de comprimento l se move com velocidade v , paralelamente a linhas de um campo magnético de intensidade B , e que haverá nesta placa uma acumulação de cargas positivas em uma extremidade e cargas negativas na outra, caracterizando assim uma diferença de potencial que existirá enquanto a barra se mantiver em movimento (HESSEL, 2014), portanto há mais de uma forma de observarmos a indução eletromagnética. O físico e químico britânico vê que a tensão produzida em uma espira é diretamente proporcional ao produto entre a área de seção transversal da espira e a taxa de variação do campo aplicado ao sistema, podendo haver esta indução quando movemos a espira pela região do campo, movendo o ímã através da espira ou alterando a angulação entre eles (HEWITT, 2015).

Alguns anos mais tarde o matemático alemão Franz Ernst Neumann (1798-1895) descreve matematicamente o fenômeno descrito pelo britânico e mostra que a *fem* é igual a taxa com que o fluxo varia.

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{l} = -N \frac{\partial}{\partial t} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s}. \quad (7)$$

Na equação (7), N é o número de espiras e esta implica que um fluxo $\vec{B}$, variável no tempo, atravessa uma determinada superfície s gerando um campo elétrico $\vec{E}$ que circula por um caminho l . O sinal negativo mostra que a tensão induzida é oposta ao fluxo que a produz (SADIKO, 2004), caso contrário negaria a Lei da Conservação de Energia. Sinal este, inserido pelo físico Heinrich Lenz (1804 - 1865), que expressa a Lei de Lenz, pois, tal fato não era registrado originalmente por Faraday. A equação (5) é a forma diferencial da Lei da Indução, logo aplicando o Teorema do Rotacional temos a forma integral desta equação,

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = \frac{-\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (8)$$

esta nos mostra que um campo $\vec{B}$ que varia no tempo gera, na mesma região um campo $\vec{E}$ também variável no tempo.

3.1.5 Lei de Ampere-Maxwell

A quarta e última equação de Maxwell, foi desenvolvida pelo físico francês André-Marie Ampere (1775 - 1836), que, embasado no experimento de Hans Christian Oersted (1777 - 1851) observou que uma bússola, ao ser aproximada de uma corrente elétrica, apresentou variação na sua orientação, deduzindo com isso que corrente gera campo magnético. Esta lei faz a relação entre o campo magnético e a corrente que o gera. Neste estudo, Ampere percebeu que ao inserirmos uma curva fechada (curva amperiana) em volta de um condutor, e tendo conhecimento do campo magnético deste sistema, é possível deduzirmos a corrente que percorre este condutor, ou seja a variação das linhas de campo no tempo que atravessa uma curva fechada, gera um campo magnético também variável no tempo (PENA, 2009). A Lei Circuitual de Ampere (ou apenas Lei de Ampere) é bastante semelhante a Lei de Gauss, assim como a Lei de Coulomb é um caso particular da Lei de Gauss, a Lei de Biot-Savart é um caso específico da Lei Circuitual (SADIKO, 2004). Matematicamente é descrita como:

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_o \int \vec{J} \cdot d\vec{A} + \mu_o \epsilon_o \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{E} \cdot d\vec{A}, \quad (9)$$

onde a parte da equação (9) que está do lado direito da igualdade resulta na corrente envolvida I_{env} pela curva amperiana.

Na equação (9) já podemos ver a correção feita por Maxwell nesta lei já que a mesma originalmente apresentava um erro, portanto, o matemático escocês acrescentou mais um elemento gerador de Campo Magnético, o Campo Elétrico Variável, que, como uma simetria natural, uma vez que o Campo Elétrico é gerado por uma corrente e esta gerada por um Campo Magnético, o inverso deste ciclo também acontece. Surge daí o conceito de Corrente de Deslocamento, que é a variação no fluxo magnético e definida como:

$$i_d = \frac{\partial \phi_E}{\partial t}, \quad (10)$$

Na equação (10) a corrente de deslocamento está sendo expressa pelo fluxo elétrico ϕ_D . Portanto, a Lei de Ampere-Maxwell é apresentada como:

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = I_{env} + i_d, \quad (11)$$

Aplicando o Teorema de Stokes, temos:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (12)$$

Onde $\vec{J}$ é a densidade linear de corrente, mencionada anteriormente na sessão 2.1.

Visto os princípios que regem o eletromagnetismo, consequentemente imergindo nos fundamentos deste trabalho, vamos agora entender como se dará o processo de transmissão da energia gerada, desde o gasto calórico a chegada à bateria.

3.2 Transferência de Energia

O ciclismo é uma das atividades físicas mais praticadas no mundo. Pedalar, além de ser um meio de locomoção, é uma excelente forma de se obter melhoras na nossa saúde, os estudos mostram que a prática do ciclismo reduz significativamente os riscos de acidentes e doenças cardiovasculares (DORA, 1999). É consensual que os exercícios físicos acarretam em diversos benefícios, mas, e se além disto nós utilizássemos uma bicicleta para gerar energia elétrica?

Utilizarmos de nosso corpo, associado ao ciclismo, para a obtenção de energia limpa, para ser utilizada na carga de nosso celular, acender a lâmpada de algum cômodo, entre outros, e de forma paralela vários benefícios para nossa saúde.

3.2.1 Gasto energético do(a) ciclista

Para uma melhor medição da energia associada a este sistema, realizaremos análises em cada etapa, seja no corpo (do(a) ciclista), coroa, catraca ou aro traseiro, alternador e bateria. Para analisarmos o gasto energético realizado pela pessoa que pedala, faremos o uso do *METrep* (equivalente metabólico de repouso).

O *METrep* é um termo utilizado por educadores físicos para expressar o aumento do metabolismo em repouso. Esta medida está associada a elevação do consumo de oxigênio (CRISP, 2014), como consta Xavier (2000), uma unidade de *METrep* é igual a $0,0175 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (XAVIER, 2000). Com o conhecimento do valor do equivalente metabólico de repouso, podemos medir o Gasto Energético em *kcal* realizado durante a pedalada, esta medida é diretamente proporcional ao *METrep*, à massa corporal, ao MET associado a atividade física. Esse último é uma medida de intensidade de esforço quando comparamos com o repouso, ou seja, se pedalarmos a dois METs, significa que consumimos duas vezes o número de calorias que gastamos quando em repouso (INDIRETA, N. C.), já neste caso o ciclismo varia de acordo com a velocidade em *km/min*, e com o tempo de realização da atividade (XAVIER, 2000). Com isso,

$$\text{GastoEnergético} = \text{METrep} \cdot m \cdot \text{MET} \cdot t \quad (13)$$

onde *m* é a massa corporal do indivíduo e *t* é o tempo de duração do exercício. Para ilustrarmos, podemos fazer um exemplo. Uma pessoa de 67 *kg*, pedala em uma velocidade de 0,333 *km/min*, equivalente a 20 *km/h*, 8 MET's e durante 30 *min*, gasta:

$$\text{GastoEnergético} = 67 \text{ kg} \cdot 8 \text{ MET} \cdot 30 \text{ min} \cdot 0,0175 = 281,4 \text{ kcal}$$

3.2.2 Caminho percorrido pela energia deste sistema

Ao pedalar, o ciclista transfere a energia de seu exercício para a coroa, este processo se dá quando o indivíduo aplica uma força no pedal da bicicleta, gerando com isso um torque, este depende da força aplicada na pedalada e do comprimento do pedivela (RHEINHEIMER, 2014). O Torque gerado neste movimento é transmitido com igual módulo e direção para a coroa que por sua vez, através da corrente, transfere a energia do sistema para a catraca (ou pinhão).

Geralmente a coroa tem raio maior que a catraca, portanto, tendo conhecimento que a relação entre velocidade e velocidade angular é $|\vec{v}|=r\omega$ (HALLIDAY, 2000), e como a coroa e a catraca estão ligadas pela corrente fazendo com que a velocidade v das duas sejam iguais,

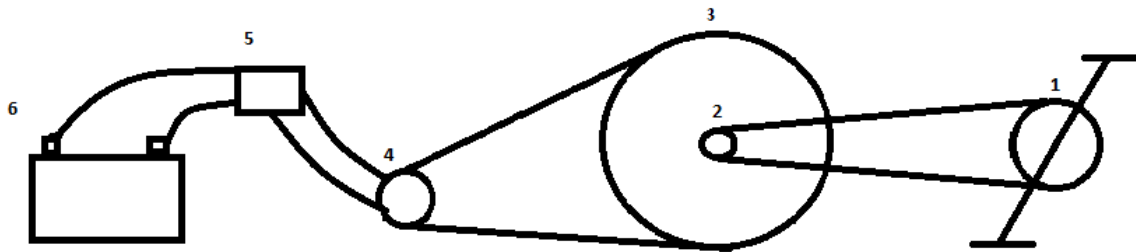
$$r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2, \quad (14)$$

temos que o ω da catraca, cuja qual tem um raio menor que o raio da coroa, seja maior, porém, nesse sistema temos,

$$\tau_1 \omega_1 = \tau_2 \omega_2, \quad (15)$$

onde a letra τ representa o torque e vemos que torque e velocidade angular são inversamente proporcionais (HALLIDAY, 2000), ocorrendo a diminuição do torque na transmissão da energia da coroa para a catraca.

Figura 3: Sistema de geração de energia elétrica através de uma bicicleta.



Fonte: Autor (2022).

Na figura 3 temos a ilustração do sistema utilizado no projeto de geração de energia através de uma bicicleta, este sistema é composto por coroa (1), catraca (2), aro traseiro (3), alternador (4), retificador (5) e bateria (6). Como vemos na figura 3, a catraca (2) e o aro (3) estão inseridas no mesmo eixo, logo a velocidade angular de ambas será igual,

$$\omega_2 = \omega_3, \quad (16)$$

portanto, mesmo que o aro tenha um raio muito maior que o raio da coroa, o aro tem uma velocidade angular maior que a coroa, $\omega_3 > \omega_1$.

Por sua vez, o aro está ligado, através de uma corrente, à polia de um alternador (4), que é um gerador elétrico rotativo destinado a produzir forças eletromotrizes (QUINTELA, 2007). O alternador transforma a energia mecânica de rotação inerente ao rotor e, através do princípio da Lei

da Indução de Faraday-Lenz, gera energia elétrica. Esta Lei nos fala que um campo magnético variável no tempo produz uma tensão (tensão induzida) em um circuito fechado, matematicamente:

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{l} = -N \frac{\partial}{\partial t} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (17)$$

a equação (15) é a forma integral da lei de Faraday, sabemos que o termo a esquerda da igualdade é igual a *fem* induzida, uma vez que esta é o trabalho realizado pela força elétrica para transportar uma carga através do caminho $\vec{dl}$, temos:

$$\varepsilon = -N \frac{\partial}{\partial t} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (18)$$

Podemos simplificar ainda mais esta equação considerando que no alternador, a área das espiras no estator e o ângulo entre campo e área não sofrem alterações, logo a integral da superfície é igual ao fluxo magnético, portanto, chegamos na forma mais simplificada da Lei de Faraday,

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt} \quad (19)$$

onde N é o número de espiras, ϕ_B é o fluxo de campo magnético e ε é a tensão induzida. Nestes sistemas notamos que, assim como na transmissão de energia de 1 para 2, a velocidade angular ω_4 será maior que ω_3 , sendo assim, o rotor do alternador o elemento com maior velocidade angular deste sistema.

A polia do alternador é ligada no mesmo eixo que o rotor, este é composto por bobinas e garras polares e sua principal função é gerar o campo magnético variável, que ao passar pelo estator (este sendo um conjunto de bobinas ligadas a lâminas de aço) (OLIVEIRA, 2018), que como vimos na equação (15) o campo gerado no rotor irá passar, gerando assim uma corrente.

Figura 4: Rotor do alternador.



Fonte: OLIVEIRA (2018).

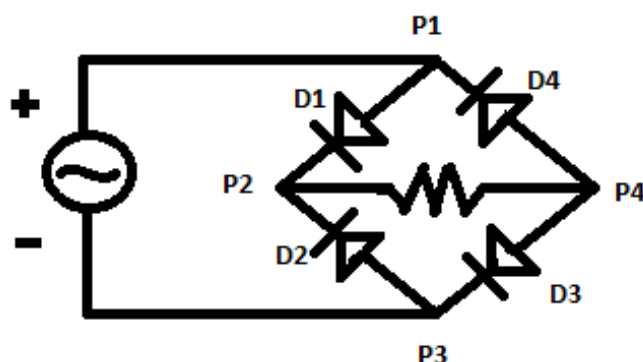
Figura 5: Estator do alternador.



Fonte: OLIVEIRA (2018).

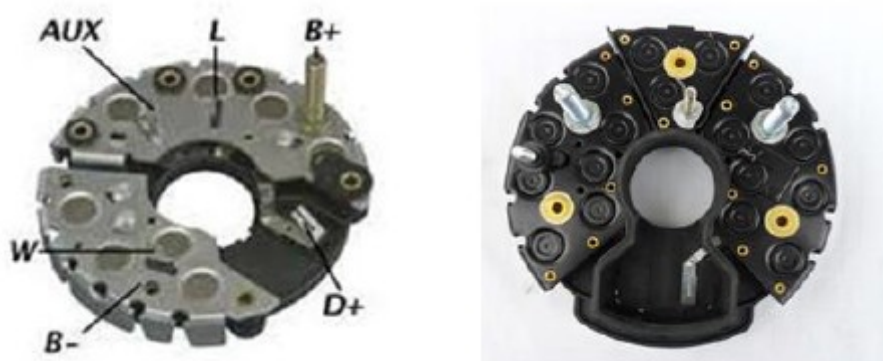
Como a corrente induzida é alternada, precisamos de algum equipamento para convertê-la em contínua, porque esta é apropriada para a carga da bateria de ácido-chumbo, portanto uma boa alternativa é utilizar um retificador ou uma ponte retificadora. Esta ponte é formada por um conjunto de diodos e um resistor, e funciona da seguinte forma: quando a corrente que entra na placa está positiva, toma uma direção específica no diodo, e como o diodo só permite a passagem da corrente no sentido do ânodo para o cátodo (ou no sentido da seta como mostra a Figura 6), a corrente faz um determinado percurso até passar pelo resistor e sair da placa. Quando a corrente está negativa, toma outra direção ao entrar na placa, mas sai pelo mesmo percurso da corrente anterior, formando assim a corrente contínua.

Figura 6: Ilustração retificador.



Fonte: Autor (2022).

Figura 7: Retificador.



Fonte: OLIVEIRA (2018).

Saindo do alternador (4) a corrente, agora em CC, carrega a bateria de ácido-chumbo. As baterias de ácido-chumbo são muito usadas pela indústria automobilística e é um item fundamental para o funcionamento dos veículos, existem diversos tipos de automóveis e cada um com suas próprias necessidades fundamentais, por isso a existência de diversos modelos de baterias com tamanhos e números de placas específicos, variando o valor nominal da tensão para suprir a demanda dos veículos (CARNEIRO, 2017), a energia armazenada é utilizada para a alimentação do motor, aparelho de som, iluminação, ar condicionado, entre outros.

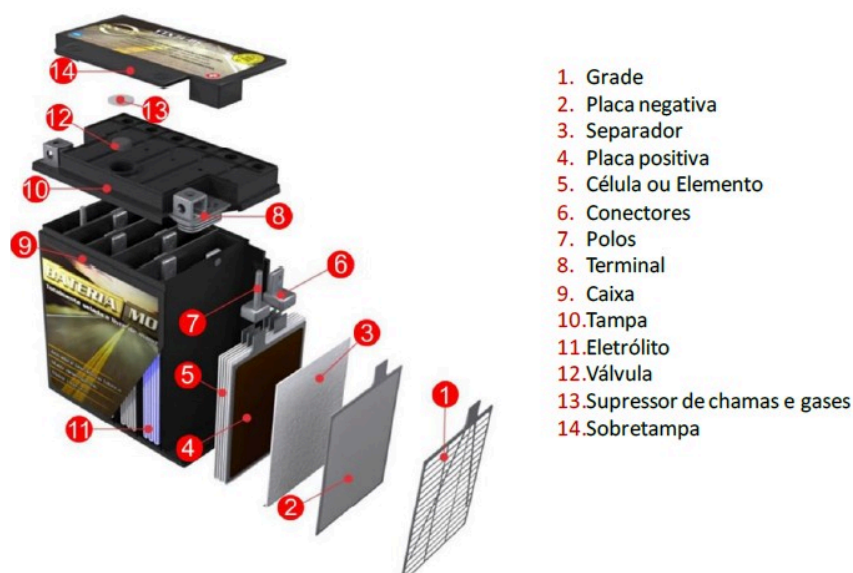
3.3 Bateria de Ácido-Chumbo

Quando falamos sobre geração e utilização de energia elétrica, imaginamos grandes usinas, redes de distribuição, circuitos residenciais, entre outros, porém, com os avanços tecnológicos, a todo momento estamos rodeados por objetos que dependem da energia elétrica, muitas das vezes temos em nossas mãos estes dispositivos, como no caso dos celulares. Isso nos mostra que, com o futuro, veio também a necessidade de armazenarmos energia em objetos portáteis, então, para suprir esta necessidade, utilizamos as pilhas e baterias, mas foquemos neste último. Existem diversos

modelos, formas e preços para as baterias e isto varia de acordo com a finalidade desejada, temos as baterias de íons de lítio, usadas em smartphones, notebooks, e temos as baterias de ácido-chumbo, mais usadas na indústria automobilística, e que será abordada neste trabalho.

As baterias de ácido-chumbo são muito usadas pela indústria automobilística e é um item fundamental para o funcionamento dos veículos, existem diversos tipos de automóveis e cada um com suas próprias necessidades fundamentais, por isso a existência de diversos modelos de baterias com tamanhos e números de placas específicos, variando o valor nominal da tensão para suprir a demanda dos veículos (CARNEIRO, 2017), a energia armazenada é utilizada para a alimentação do motor, aparelho de som, iluminação, ar condicionado, entre outros. Mesmo com estas variações, as partes que compõem a bateria são basicamente as mesmas, são:

Figura 8: Partes da Bateria de Ácido-Chumbo



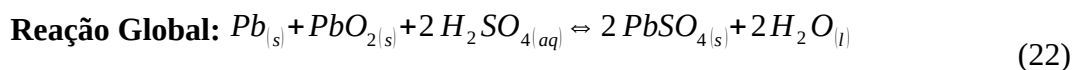
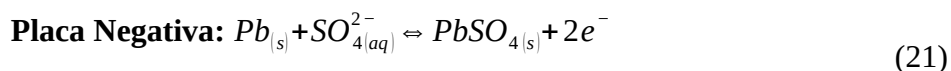
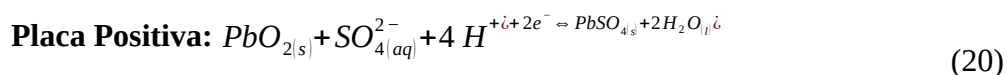
Fonte: CARNEIRO (2017).

- **Grade** - A grade corresponde a mais ou menos 25% da massa da bateria, e serve para segurar o material ativo. Não necessariamente precisa ser feita de um material metálico, porém deve ser um condutor, uma vez que a grade transporta a eletricidade do material ativo aos terminais das células.
- **Placa negativa** - As placas negativas são grades feitas de chumbo com uma massa composta de água, solução de ácido sulfúrico, óxido de chumbo, fibras acrílicas e uma mistura de ligninosulfonato de chumbo (CARNEIRO, 2017). A placa negativa limita a capacidade de descarga da bateria, aumentando a eficiência, mesmo em baixas temperaturas.
- **Separador** - As placas negativas e positivas (falaremos sobre esta no próximo item), devem ficar o mais próximo possível, porém, não devem se tocar para evitar a ocorrência de curto-circuito, por isso colocamos entre estas placas o separador, que é feito do polietileno microporoso, material que tem uma baixa resistência elétrica e um baixo custo.
- **Placa Positiva** - Assim como a placa negativa, a placa positiva é uma grade de chumbo coberta por uma massa, porém, esta é composta de água, óxido de chumbo, uma solução de ácido sulfúrico e fibras, apenas. Esta massa auxilia na carga e descarga da bateria e as fibras ajudam a reação do óxido para o dióxido (CARNEIRO, 2017).
- **Célula** - As células (ou elementos) são formadas pelo conjunto placa positiva, separador e placa negativa. No geral, as baterias automotivas são formadas por seis células cada uma gera em média 2V resultando em 12V, tensão mais comum entre os automóveis.
- **Caixa** - A caixa acopla as células e geralmente são feitas de polímeros sintéticos como o copolímero alternado (CARNEIRO, 2017).
- **Eletrólito** - Na bateria, o eletrólito é uma solução de ácido sulfúrico diluído em água deionizada, esta solução tem densidade e temperatura específicas, $1300g L^{-1}$ e $25^{\circ} C$ (CARNEIRO, 2017). Este reagente propicia a reação, sendo fundamental no processo de alimentação do veículo.
- **Válvula** - A Válvula é feita de borracha e fica localizada na tampa da caixa e é fundamental na regulação da pressão interna da bateria. Ela permite a saída dos gases gerados nas reações de carga e descarga e não permitem a entrada de gases atmosféricos.

- **Demais partes** - A bateria ainda apresenta os polos, que interligam, todas as placas de mesma polaridade, com terminal externo, os terminais externos (positivo e negativo) que fazem a ligação com os elementos externos, tampa, sobretampa e o supressor de chamas e gases.

3.3.1 Funcionamento da Bateria de Ácido-Chumbo

As Baterias de Ácido - Chumbo, utilizam a transformação de energia química em elétrica, em seu funcionamento, reações químicas que ocorrem nas células, promovem a transferência de elétrons, gerando, quando fechado o circuito, uma corrente elétrica. As reações que fundamentam o funcionamento das baterias são chamadas de Oxirredução, que é o conjunto de duas reações, a oxidação e a redução. Para a ocorrência desta reação, é necessário um agente oxidante, que recebe os elétrons e o agente redutor, que os doa. Na descarga da bateria, a oxidação (Placa Negativa) se dá na conversão de chumbo em sulfato de chumbo (Equação 20), já na redução (Placa Positiva) temos a obtenção de sulfato de chumbo a partir de dióxido de chumbo (Equação 19).



A reação global (Equação 21) da célula nos mostra que ambos os agentes, redutor e oxidante, são sólidos, apresentando assim uma resistência muito baixa, uma vez que não há necessidade de acrescentar uma ponte salina, logo permitindo a passagem de altas correntes (CARNEIRO, 2017). Os elétrons fluem do catodo (placa positiva) para o anodo (placa negativa) através do eletrólito, que funciona como meio para a passagem dos elétrons (LUANA, 2017). Esta reação gera aproximadamente 2V, em uma bateria com seis células ligadas em série, temos as baterias de 12V, muito comum na indústria. Estas reações de descarga são reversíveis, logo quando inserimos uma fonte de alimentação externa, ligada aos terminais, a corrente elétrica flui no sentido contrário que vai da placa negativa, que agora é o catodo, para a placa positiva, que se torna anodo e nessa situação temos a carga da bateria.

3.4 – Projetos relacionados

Não é de hoje que surgem projetos para a produção de um equipamento que gera energia utilizando uma bicicleta como meio para este fim. Com uma pesquisa rápida já podemos observar

diversos estudos e iniciativas sobre isto cada uma com suas particularidades, por exemplo, segundo matéria publicada pelo site G1 (2021) detentos do sistema prisional do Distrito Federal poderão utilizar uma bicicleta estacionária para carregar baterias estas que armazenam energia que é utilizada na iluminação dos presídios. A cada dezesseis horas pedaladas é reduzido um dia da pena do detento. Na mesma matéria também é citada uma iniciativa semelhante localizada em Sete Lagoas – MG onde há uma economia de 5% na conta de luz do presídio que fica localizado neste município.

Na academia também podemos encontrar pesquisas com temas semelhantes ao desta, como um trabalho de conclusão de curso de um aluno da Universidade Federal do Pampa que através das pedaladas em uma bicicleta converte energia mecânica em elétrica, energia esta utilizada em pequenas atividades domésticas e fins didáticos (BARBOZA, 2017).

Figura 9: Projeto relacionado 1.



Fonte: BARBOZA (2017).

Como vemos na figura (9), o equipamento construído no trabalho de conclusão de curso mencionado é constituído em uma bicicleta que tem seu aro traseiro suspenso por uma estrutura de ferro, anexado ao pneu deste eixo está o alternador, logo quando o pneu gira, gira também o rotor do alternador, este que transforma a energia mecânica em elétrica que carrega a bateria.

Outro trabalho relacionado é o que visa montar um sistema composto por um motor universal como gerador, retificador de tensão, filtro capacitivo, regulador de tensão e carga para que a energia gerada alimente uma tomada USB (SOMBRA JUNIOR, 2019). As partes são montadas formando uma peça única que é acoplada à bicicleta, o rotor do gerador está em contato com o aro da bicicleta para que haja a transferência de energia cinética de rotação desta para o equipamento de geração de energia elétrica.

Figura 10: Gerador acoplado a bicicleta.



Fonte: SOMBRA JUNIOR (2019).

4 METODOLOGIA

Na elaboração deste trabalho, para que se tenha um conhecimento norteador de como efetivamente conseguir os objetivos do projeto, inicialmente foi feita uma pesquisa na literatura sobre as leis que regem a geração de energia elétrica, sobre os princípios do eletromagnetismo, logo uma análise das Leis de Gauss, tanto para o magnetismo como para a eletrostática, da Lei de Ampere-Maxwell, e sabendo que a geração de energia elétrica passa, na maioria das vezes, pela variação de em campo magnético, a Lei de Faraday-Lenz ou a lei da indução eletromagnética, que, para este trabalho, passa a ser a mais influente.

Embasado na teoria que rege os fenômenos eletromagnéticos deste trabalho foi feito um estudo de como se dá o gasto calórico referente a atividade física relacionada ao projeto, portanto, pesquisou qual o gasto calórico de um(a) indivíduo que está praticando o ciclismo, levando em consideração o tipo de bicicleta (estacionária, comum ou com suas variações de potência) ou se é uma bicicleta comum ou profissional, deve-se levar em conta a velocidade da pedalada e se isso influi no gasto calórico, tal como uma análise das mudanças neste gasto referente à massa daquele ou daquela que pedala.

Foi necessário também fazer uma análise da situação econômica no município de Caraúbas-RN para a elaboração desta pesquisa, buscando informações em sites como o do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Portal do IBGE, buscando dados do último senso ou dados estimados a partir deste ou nas secretarias municipais (esporte, assistência social), do Centro de Referência de Assistência Social, o CRAS, como também a população residente no município, o números de famílias em situação de vulnerabilidade social, índice de pobreza, famílias cadastradas na tarifa social e o número de ciclistas presentes na cidade caso a secretaria de esportes o tenha. Esta análise foi de extrema importância uma vez que nos deu elementos de que há uma demanda quanto a famílias que podem ser beneficiadas pelo projeto e de forma paralela há uma oferta quanto a praticantes de ciclismo, logo existindo um encaixe entre ambos e este trabalho.

Inicialmente este trabalho construiria uma bicicleta que seria utilizada para transformar o esforço físico humano em energia elétrica, logo optou por retirar o pneu traseiro de uma bicicleta aro 29 e suspendê-los em um suporte de madeira, tornando-a uma bicicleta estacionária, no suporte haveria locais para a alocação do alternador e da bateria de ácido-chumbo. Porém, devido a pandemia causada pela *COVID-19*, não foi possível a construção de fato do equipamento.

Para fins de auxílio em uma futura montagem e também para uma maior divulgação do trabalho, conseqüentemente um maior alcance e maior oportunidade de conscientização, foi construído um modelo em 3D da bicicleta geradora, este que é uma forma simples e ilustrativa de como é o protótipo e de que é composto. Para isto foi utilizado o *Fusion 360*, este *software* é uma

ferramenta que visa reunir todas as equipes de design de modelos 3D híbridos e conectar todos os processos de produção destes produtos em uma única plataforma, para isso ele é baseado em nuvem, ou seja, pode ser implantado em nuvem, mas também na sua versão *desktop* para sistemas operacionais mais utilizados, além de ainda ter a opção de sua versão *web*. O *Fusion 360* é fornecido pela *Autodesk* e é utilizado por profissionais *CAD*, *CAM* e *CAE 3D*.

Seguindo neste pensamento de conscientização e divulgação para que haja um maior alcance e abertura para os meios tecnológicos atuais, este projeto terá sua versão de *site*. O *site* foi criado na plataforma de criação de sites e blog da *Google*, o *Google Sites*, e nele terá a apresentação do trabalho com opção de interação com o modelo 3D. Na página, o internauta terá acesso a todo o embasamento teórico necessário, não apenas para a compreensão, mas também para a reprodução do projeto caso assim o queira, já que há uma página exclusiva para explicar como o protótipo foi montado.

5 RESULTADOS

5.1 Potencial humano de geração

Antes de produzirmos a bicicleta, foi medido o potencial de geração de energia que uma pessoa pode produzir, para isso, iniciamos estimando o gastos calórico da atividade física em questão, logo, como vimos da subseção 2.2.1, para conhecermos o gasto energético em *kcal* do(a) ciclista, fazemos o cálculo do METrep (equivalente metabólico de repouso) usando a equação (11), com isso podemos calcular o gasto calórico de uma pessoa de 72kg que pedala por 40min e para sabermos o valor de METrep da atividade faremos usa da figura 9 a seguir.

Figura 11: Gasto calórico da atividade física pedalar.

ATIVIDADE FÍSICA: PEDALAR	GASTO CALÓRICO EM METS
Vel. < 16 km/h - geral, lazer, indo para trabalho.	4
Vel. 16 a 19 km/h - lazer, esforço leve.	6
Vel. 19 a 22 km/h - lazer, esforço moderado.	8
Vel. 22 a 25km/h - esforço vigoroso	10
Vel. acima de 30km/h - muito rápido	12
Vel. acima de 32 km/h - corrida	16
Mountain bike - geral	8,5
Bicicleta estacionária geral	5
Bic. Estacionária - 50 W - muito leve	3
Bic. Estacionária - 100 W - esforço leve	5,5
Bic. Estacionária - 150 W - esforço moderado	7
Bic. Estacionária - 200 W - esforço vigoroso	10,5

Fonte: XAVIER (2000).

Como a bicicleta deste estudo parte do princípio de redução de gastos, optamos a busca por bicicletas mais comuns e mais simples, e a mesma será fixada no nosso cálculo para consideramos o gasto calórico em MET's da bicicleta estacionária geral, sendo $MET's = 5$.

$$gasto_1 = 72 \text{ kg} \cdot 5 \text{ MET 's} \cdot 40 \text{ min} \cdot 0,0175 = 252 \text{ kcal}$$

onde $gasto_1$ é o gasto energético deste indivíduo, e se compararmos com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, a tabela 1 a seguir, veremos que esta pessoa estaria consumindo um o equivalente a um sanduíche natural.

Tabela 1: Tabela nutricional.

Alimentos	Calorias (kcal)	Proteínas (g)	Sódio (mg)
Suco de laranja natural	110	2	2
Suco de lata	155	1	8
Bolo de cenoura	223	7	40
Bolo de chocolate	218	7,2	53
Pão de queijo	363	5,1	103
Pastel assado	188	6,10	108
Pão de batata	280	13	203
Torta de palmito	194	5,6	245
Esfiha	130	4,7	272
Barra de cereal	87	1,3	28
Sanduíche natural	251	10,5	89

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO – (2011).

Podemos fazer um exercício semelhante para podermos analisar a eficiência da energia gerada pelo indivíduo juntamente com da bateria de ácido-chumbo, em uma residência, analisando quais equipamentos e por quanto tempo podemos ligá-los.

O carregamento da bateria está relacionado a velocidade com que o(a) ciclista pedala, pois como vimos na sessão 3.2.1, essa está diretamente ligada a quantidade de giros do rotor do alternador, e a carga acontece quando a velocidade da pedalada está, em média, a 15km/h (ALEXANDRE, 2014). Dentre os métodos de carga de baterias encontrados na literatura, podemos observar que bateria de ácido-chumbo são carregadas seguindo o método de corrente constante, que gera a maior parte da carga cerca de 70% e leva em torno de 5-8 horas (COELHO, 2001). Após esta quantidade de carga a bateria passa a ser carregada pelo método de tensão constante o leva entorno de mais 2-3 horas (MICROTEX, 2021).

Vamos levar em consideração uma bateria de ácido-chumbo de 12V e 40Ah (comumente encontrada comercialmente) totalmente carregada o que, de acordo com o tempo de pedalada de cada indivíduo seria necessário entre 9 e 10 pessoas para carrega-la por completo, podemos ver na tabela 2 abaixo a sua eficiência para suprir, sendo um por vez, alguns equipamentos residenciais.

Tabela 2: Relação de equipamento e seu tempo de uso suportado por uma bateria ácido-chumbo de 12V e 40Ah.

Equipamento	Potência (kWh/dia)	Tempo de uso (horas)
Impressora	0,450	1,066
3 Lâmpadas Fluorescentes	0,345	1,391
Lâmpada LED 8W	0,040	12,000
Ferro Elétrico	0,400	1,200
Secador de Cabelo	0,233	2,060
Roteador	0,240	2,000
Ventilador Pequeno	0,520	0,923
TV LED 32"	0,476	1,008

Fonte: Autor (2022).

5.2 Custos da montagem do projeto

Como dito anteriormente este trabalho busca a constatação da viabilidade social da construção de um equipamento gerador chamando atenção para os problemas já citados, para isto é de fundamental importância que este sistema tenha o menor custo possível. Inicialmente há a utilização de objetos que já temos ou que são doados mas equipamento como bicicleta, alternador, bateria podem ser encontrados em oficinas e sucadas com preços bastante reduzidos quando comparados ao preço deste caso fossem novos.

Mesmo pesquisando e procurando procurando por objetos usados, já que são mais baratos ou custo zero, há a necessidade de analisar o real custo do sistema de geração de energia elétrica produzido neste trabalho uma vez que isto nos dará um maior embasamento e será de fundamental importância quanto a realização deste trabalho como uma forma de auxílio na elaboração de políticas públicas que visem a diminuição da desigualdade social.

Para a análise orçamentária da bicicleta geradora de energia elétrica pesquisamos os valores dos componentes em sites de lojas como Amazon ou Mercado Livre ou lojas especializadas. Não nos predemos aos melhores equipamentos do mercado, mas sim aqueles que atenderiam as nossas necessidades e que tivessem um valor acessível. Os equipamentos e valores estão na tabela a seguir.

Tabela 3: Valores dos componentes da bicicleta geradora.

Produto	Especificação	Valor (R\$)
Bicicleta	Bicileta de passeio aro 24	650,45
Correia	Universal	12,02
Alternador	55 Ah - Modelo Bosch	569,90
Bateria	Estacionária Delfor 40 Ah 9 V	259,60
Placa retificadora	Rossi - Passat	97,02
Fios	1,5 mm – 100 m	78,99
Parafusos	Philips 3,5x40 – caixa	39,99
Madeira	Caibro bruto – 5cmx5,7cmx3m -	23,90
TOTAL	-	1991,47

Fonte: Autor (2022).

Logo, segundo a tabela 3 vemos que o valor total da bicicleta geradora é em torno de R\$ 1991,47 segundo valores do mês Junho de 2022, mas como já mencionado, a pesquisa visa ter o menor gasto possível com a montagem do projeto portanto este valor pode vir a ser reduzido caso já haja a posse de algum.

5.3 Construção do modelo 3D

Em virtude da pandemia causada pela *COVID-19* que teve início no ano de 2020, a construção de um protótipo real de uma bicicleta que, associada a um alternador, carrega uma bateria de ácido-chumbo tornou-se um objetivo difícil de se alcançar, uma vez, que para esta produção necessitaria da quebra do isolamento social, colocando em risco não só os envolvidos neste trabalho, mas como também, todos que os rodeia. Então para a superação deste problema pensou na criação de um modelo em 3D da bicicleta geradora de energia.

Para a produção deste modelo virtual foi utilizado o *software Fusion 360*, e nesta versão apresentamos uma forma ilustrativa e virtual da bicicleta geradora, criada com o intuito de embasar a construção de um modelo real deste equipamento.

Figura 12: Modelo em 3D da bicicleta geradora–frontal.



Fonte: Autor (2022).

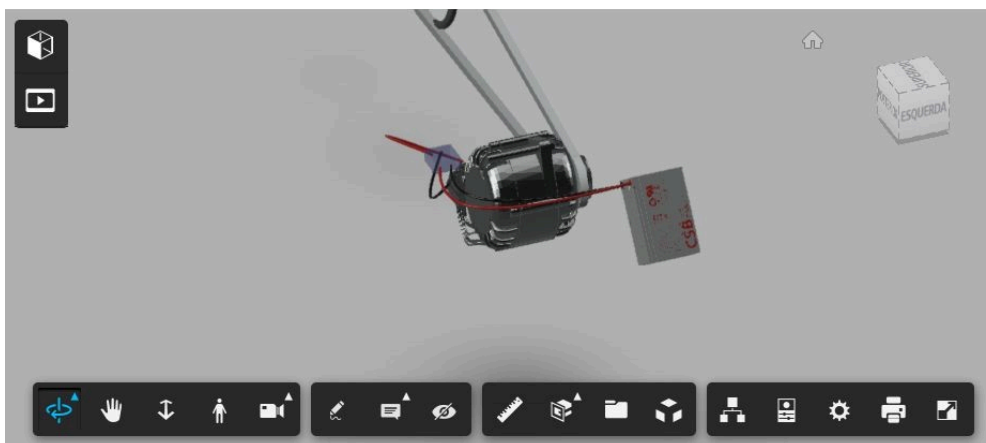
A figura 12 mostra uma visão geral do modelo da bicicleta, que através de uma correia se liga ao alternador, este que por sua vez está conectado por meios de fios ao retificador e posteriormente a bateria.

Figura 13: Modelo em 3D da bicicleta ampliado.



Fonte: Autor (2022).

Figura 14: Modelo 3D posterior esquerda da bicicleta.



Fonte: Autor (2022).

5.4 Site

Como neste trabalho um dos objetivos principais é conscientizar a população do município de Caraúbas sobre a importância da ciência na construção de uma sociedade sustentável e saudável, para ampliarmos os meios de divulgação e, conseqüentemente, o alcance do projeto, pensou na criação de um *site*. Conseqüentemente o *site* foi criado na plataforma Google Sites e este publicado desde 26 de Abril de 2022 e seu domínio é <https://sites.google.com/view/bicicleta-geradora>.

O site é composto por quatro páginas, são elas: a “Página Inicial”, “O projeto”, “Entenda o Projeto” e “Discutindo o Projeto”, cada página com sua respectiva função na explicação do projeto discutidas a seguir.

5.4.1 Página Inicial

Na página inicial temos a recepção do projeto, como mostra a figura 13. A parte superior é composta por uma barra que dá opções de navegar nas demais páginas do site e está presente em todas essas abas. Posteriormente encontra-se uma foto de capa com o título e um slogan do projeto, logo abaixo temos um pequeno texto que trás para o internauta um breve resumo do trabalho em que o mesmo está navegando, e logo após o texto cita que aquele projeto é um trabalho acadêmico que visa carregar uma bateria através do gasto energético de um(a) ciclista, e esta energia armazenada na bateria será utilizada para fins sociais, isto para fins de conscientização.

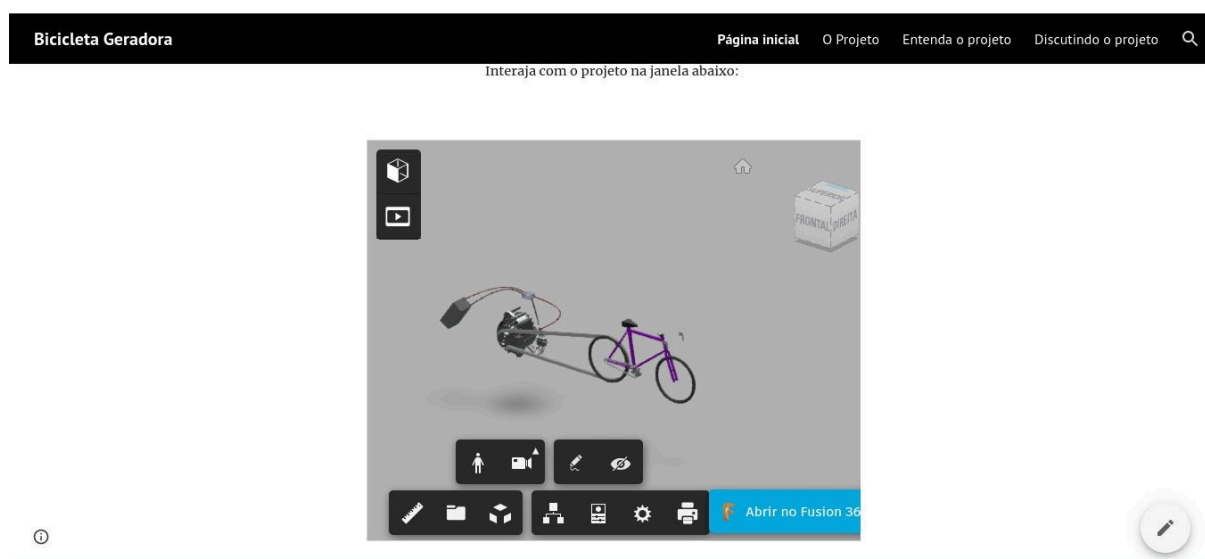
Figura 15: Página Inicial 1



Fonte: Autor (2022).

Rolando a página para baixo encontramos o texto “Interaja com o projeto na janela abaixo”, como visto na figura 16, isto nos antecede a uma janela que simula o *layout* do *Fusion 360*, a mesma é disponibilizada pelo próprio *software*.

Figura 16: Página Inicial 2.

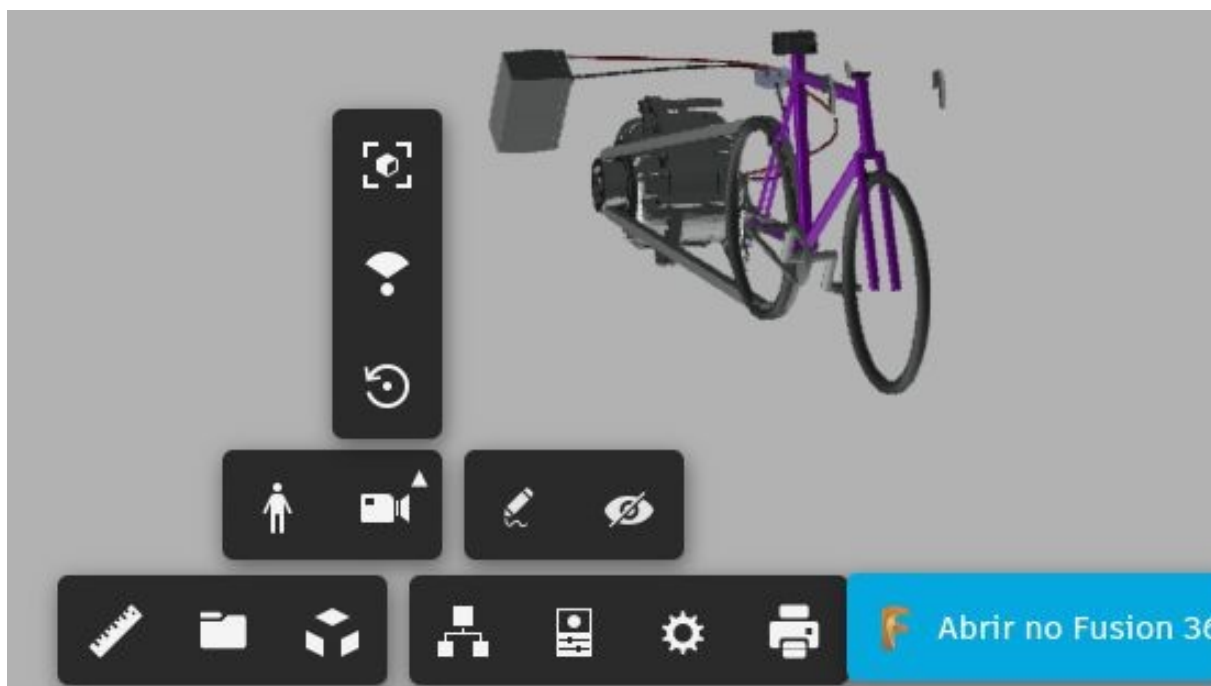


Fonte: Autor (2022).

O modelo 3D apresenta em sua parte inferior doze botões divididos em cinco grupos, cada *link* com sua respectiva função. O primeiro grupo é voltado para a vista que temos do projeto e nesse temos dois botões, primeiro temos o Primeira Pessoa, que é representado por um boneco e ao clicar nele passamos alterar a vista do projeto como se estivéssemos realmente dentro da simulação, neste modo controlamos os movimentos através do teclado.

O segundo botão é o Interações de câmera, que é representado pelo desenho de uma câmera e uma seta para cima no canto superior direito, ao clicar nos é apresentado mais três opções de alteração na perspectiva em que vemos o projeto, são elas: rolar (representada por uma seta circular e um ponto no centro, e que nesta podemos girar a tela em 360° sem alteramos o plano) e a segunda opção é comprimento focal (representada por um ponto no centro e um cone aberto na parte superior, ao clicar, ampliamos ou diminuimos o comprimento do modelo em relação ao centro que é focado).

Figura 17: Botões do modelo 3D.



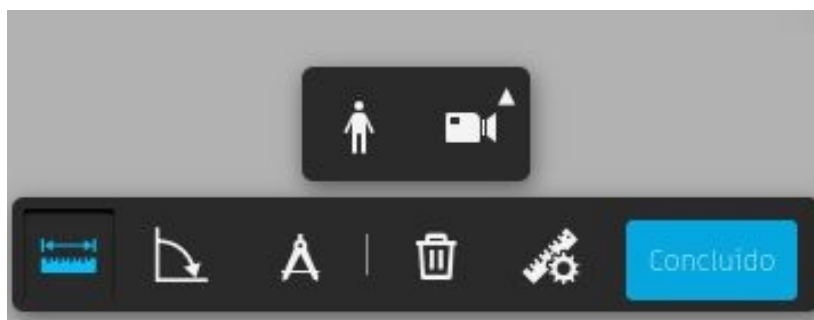
Fonte: Autor (2022).

No segundo grupo temos mais dois botões, primeiro o de marcação representado por um desenho de um lápis que ao clicarmos neste, é aberto um menu que podemos adicionar marcações de diversos tamanhos e cores e ainda inserirmos textos. O segundo botão deste grupo pode ser representado de duas maneiras, um desenho de um olho ou o desenho de um olho como uma linha sobre ele, a diferença entre eles é que quando o primeiro está acionado podemos enxergar as marcações inseridas no modelo, já quando a segunda representação está acionada não podemos ver as marcações.

Já o terceiro grupo apresenta três botões, são eles: medir (representado por um desenho de uma régua), o botão *Document Browser* (representado por um desenho de uma pasta) e temos o botão de expandir o modelo. No primeiro é aberto um menu, como vemos na figura 16, com opções de medição de distância, ângulo, e de calibrar as proporções do modelo, ainda podemos excluir as medidas e/ou configura-las. O segundo nos mostra opções de vistas mais diretas do modelo, como frontal, cima, direita, esquerda. Já clicando no terceiro nos é apresentado uma barra de intensidade e quanto mais a direita mais expandida está o modelo, e suas partes estarão mais separadas, visto na figura 19.

Mais em baixo, à direita, temos um botão com a logo do software “Abrir no Fusion 360” ao clicarmos neste é aberta uma nova guia que abrirá a página da versão web do software Fusion 360, visto na figura 17.

Figura 18: Menu do botão Medir.



Fonte: Autor (2022).

Figura 19: Botão Expandir.

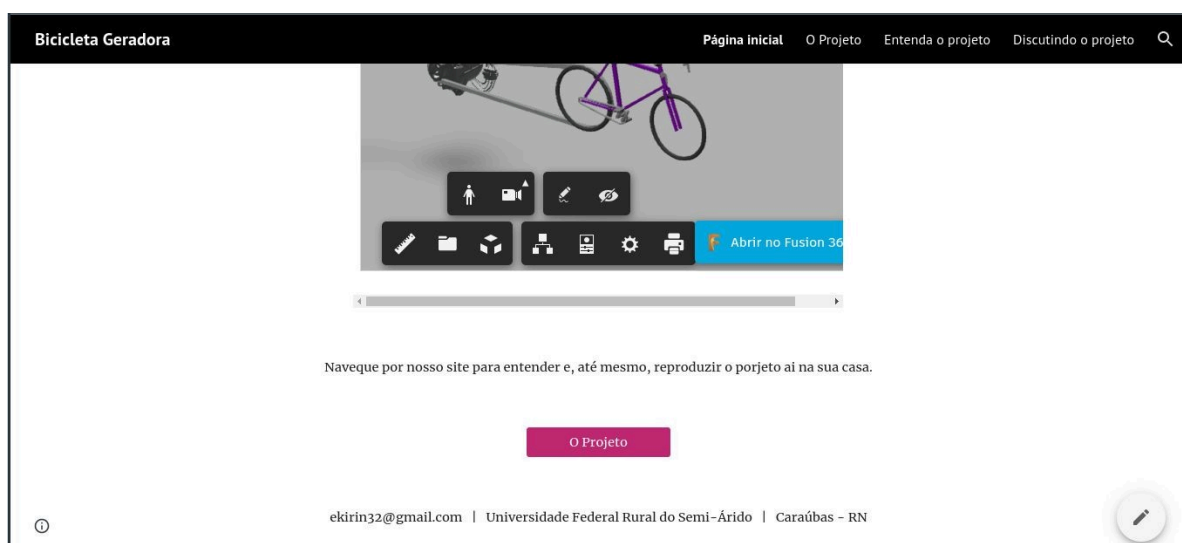


Fonte: Autor (2022).

Por último temos o quarto grupo, este composto por quatro botões como pode ser visto na figura 19, primeiro temos o navegador modelo representado por três quadrados que formam um diagrama de árvore, neste temos acesso aos arquivos que compõem o modelo em 3D, o segundo é o botão propriedades (que fica ao lado do botão anterior), que ao clicarmos é aberto um quadro com informações referentes ao nome do projeto. Já o terceiro, que é representado por uma engrenagem, é a opção de configurações e nela podemos alterar características da navegação, aparência, ambiente e qualidade do modelo caso esteja em uma versão muito pesada. Por último, temos o botão print, representado por uma impressora, que captura a imagem da tela do modelo e nos é apresentada a opção de imprimirmos uma imagem do projeto como necessário.

No final da Página Inicial temos um texto convite para o internauta que o chama para entender o projeto e quem sabe até reproduzi-lo em sua comunidade. Em seguida há um botão que ao clicar, o *site* é redirecionado para a próxima página, “o Projeto”, como podemos observar na figura 20.

Figura 20: Página Inicial 3.



Fonte: Autor (2022).

5.4.2 O Projeto

Passando para a próxima página o usuário encontrará o projeto, local onde nos entrega uma introdução do trabalho, no qual o contexto em que o trabalhado é pensado, quais seus objetivos e um breve relato de como é o processo de medição de energia desde o gasto calórico até a geração de energia.

Figura 21: Página O Projeto.



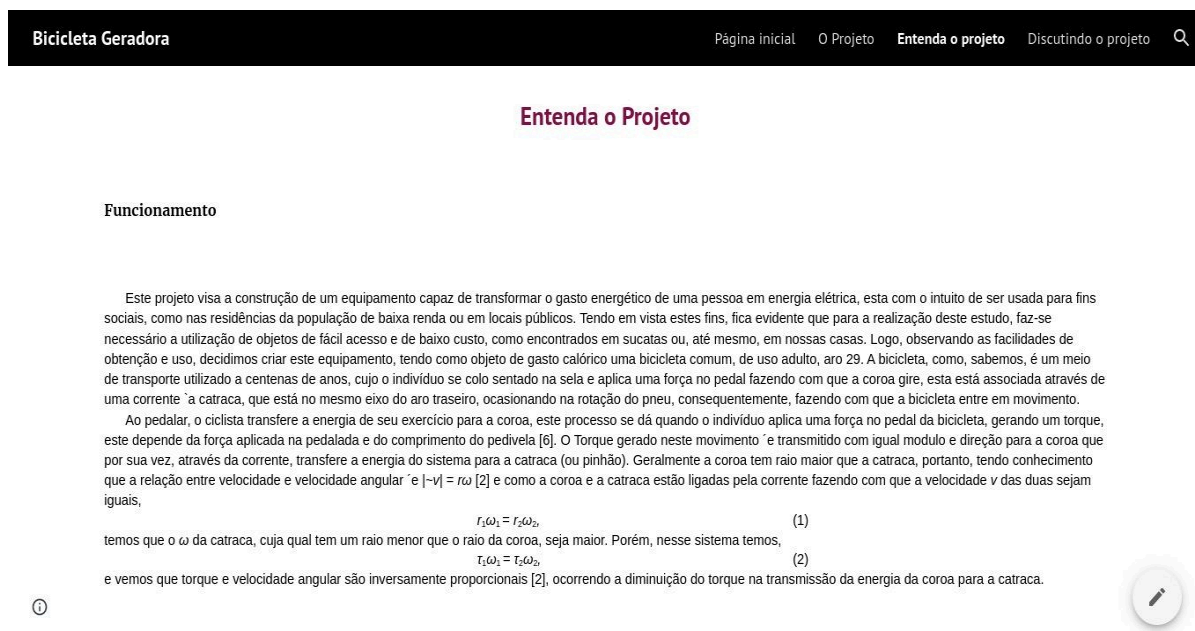
Fonte: Autor (2022).

5.4.3 Entenda o Projeto

Nesta página o internauta recebe todas as informações necessárias para a compreensão do projeto. O texto presente no local inicia falando sobre o objetivo do projeto, o que deseja testar a

viabilidade, produzir e finalmente para que utilizar o equipamento fabricado. Seguindo, o texto passa a falar da transferência de energia, desde de quando o torque é gerado e como ele é transmitido do pedal da bicicleta até o alternador, como visto na figura 22.

Figura 22: Entenda o Projeto

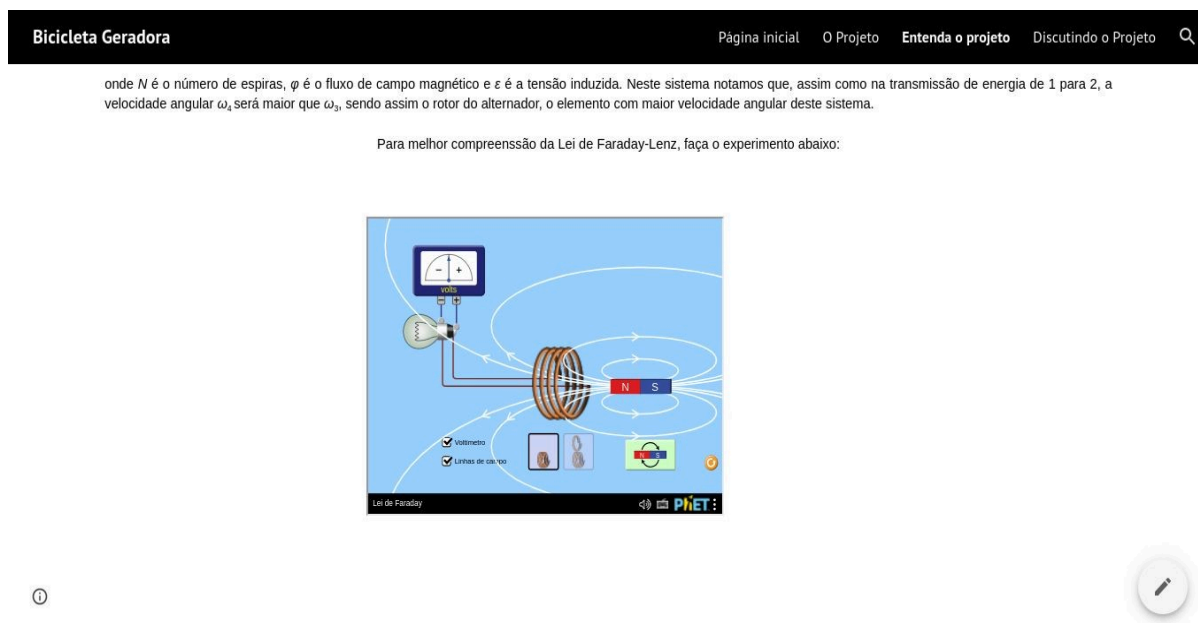


Fonte: Autor (2022).

O texto prossegue falando sobre as leis que regem este princípio de geração de energia que ocorre no alternador, portanto nos introduz a Lei de Faraday-Lenz e a Lei da Indução Eletromagnética.

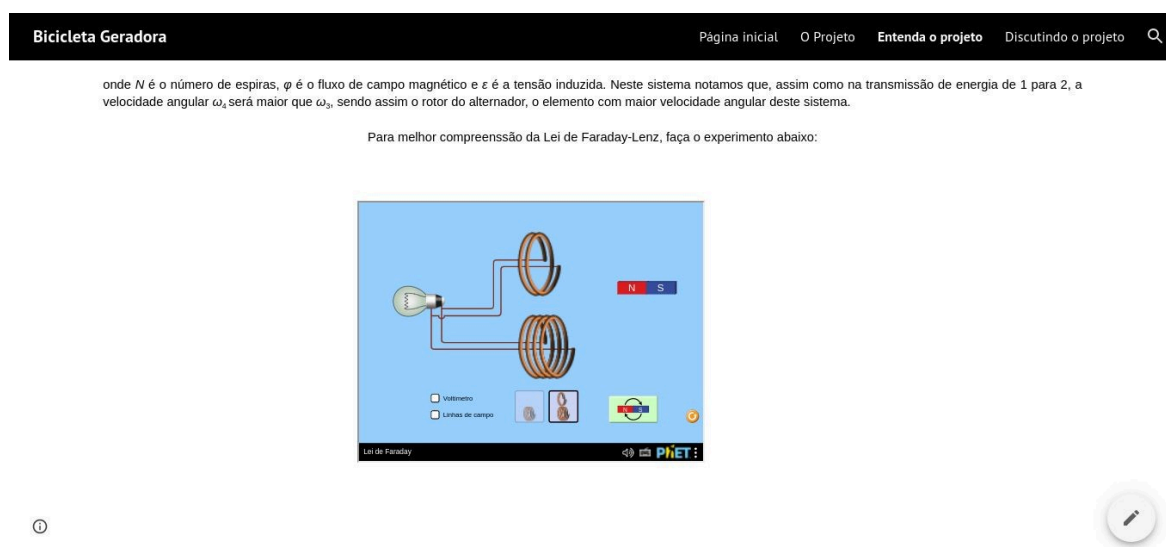
Logo abaixo, o internauta pode interagir com uma simulação que nos traz um experimento sobre a lei física, nesta, pressionando o mouse em um ímã o usuário poderá passar este através de espiras, e ao fazê-lo uma lâmpada é acesa. A simulação está disponível em dois modos, com uma e com duas espiras, e ainda conta com a opção de exibição de um voltímetro, que indica o sinal da tensão e das linhas de campo magnético emanado pelo ímã. A simulação, vista nas figuras 23 e 24, nos mostra melhor o que ocorre quando movemos um ímã através de uma bobina, e como a variação da velocidade aplicada afeta o brilho da lâmpada a intensidade e sinal da tensão, não ficando apenas explicada a variação na velocidade, podemos também entender o que ocorre quando variamos o tamanho da espira e a polaridade do ímã. A simulação é disponibilizada pela *PhET Interactive Simulations*, plataforma que disponibiliza de forma gratuita simulações de experimentos científicos.

Figura 23: Simulação com uma espira.



Fonte: Autor (2022).

Figura 24: Simulação com duas espiras.



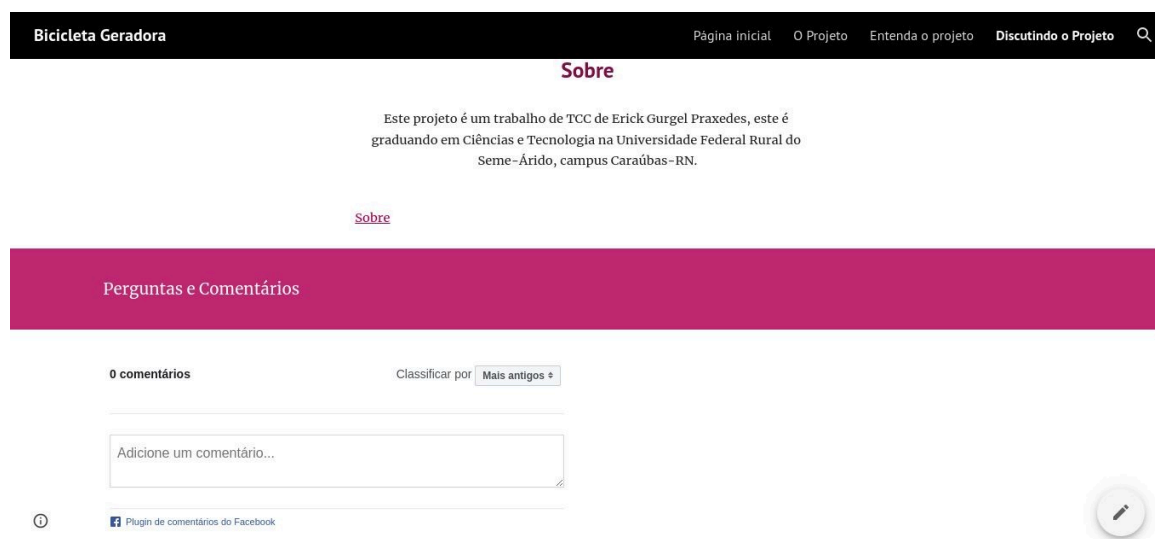
Fonte: Autor (2022).

Seguindo, o texto mostra o funcionamento do alternador, apresentando com explicações e imagens algumas de suas partes como o rotor, estator e o retificador pois, gerada a energia (que está em corrente alternada) e já que a bateria de ácido-chumbo carrega em corrente contínua, a corrente, antes de ser armazenada, passa por um retificador (sessão 2.2.2). Com a mesma proposta, é a falado ao leitor o funcionamento de uma bateria de ácido-chumbo e mostra a função de suas partes, como grade, placas positivas e negativas, célula, entre outras, finalizando a página com um botão de acesso à próxima página.

5.4.4 Discutindo o Projeto

Este é a última página do *site*, como mostra a figura 25 e nela temos informações sobre o criador do *site*, como nome, curso, universidade e *campus* onde estuda. Nesta parte também temos uma sessão chamada perguntas e comentários, onde que acessa o *site* pode deixar seu comentário ou sua dúvida a respeito do projeto.

Figura 25: Discutindo o Projeto



Fonte: Autor (2022).

5.5 Dados sobre Caraúbas - RN

O Brasil é um país que tem cerca de 24 milhões de famílias em estado de vulnerabilidade, pessoas que perderam a sua representatividade na sociedade, pessoas que estão sendo ou já foram jogadas às margens da sociedade, que sofrem com os fatores socioeconômicos e que geram a desigualdade. Os chamados “vulneráveis sociais” são, em sua grande maioria dependentes de auxílios, seja de terceiros ou do Estado, e são pessoas que tem direito ao programa de Tarifa Social de Energia Elétrica.

As tarifas sociais começaram a ser implantadas no Brasil por volta da década de 70, e seu surgimento está tristemente associado ao crescimento da pobreza (FELIX, 2021). Em uma época cuja as concessionárias de energia elétrica eram estatais, surge este programa com o intuito de dar uma queda na desigualdade social e uma universalização da energia elétrica. Com o intuito de nacionalizar a tarifa e consequentemente com a necessidade de desenvolver critérios de classificação para as residências, é instituída a Lei nº 10.438/2002 (BRASIL, 2002), que consolida o programa Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE). Restringindo a nossa análise ao município de Caraúbas podemos ter uma melhor noção de como é a realidade da sociedade caraubense, quantas famílias estão em situação de vulnerabilidade, logo quantas se encaixam nos requisitos não somente da tarifa social, mas como a diversos outros programas.

Caraúbas é um município de 20.588 habitantes que está localizado na mesorregião do Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, com base dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) coletados no último censo – e com algumas estimativas feitas pelo próprio instituto – a cidade potiguar ocupa a 16º posição no ranking de incidência de pobreza entre as cidades de seu estado e a 105º posição dentre as 5507 cidades do Brasil. Caraúbas acumula uma incidência de pobreza de 68,17%. Quanto a população ocupada a porcentagem é bem menor, com 10,8% ou seja, apenas 2.213 pessoas dentre a sua população e quase metade desta, 49,6%, tem rendimento nominal mensal *per capita* de até meio salário mínimo.

Além de ser cadastrada no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico), a família tem que ter renda *per capita* menor ou igual a meio salário mínimo, ou seja, segundo estes dados, a metade da população do município de Caraúbas mesmo que não esteja em sua totalidade sendo beneficiada pela tarifa social, têm o direito de receber este mecanismo de diminuição da desigualdade social. Logo podemos observar que o número de famílias que podem ser beneficiadas com reduções na conta de energia é muito grande.

Constatada a demanda, analisamos os dados referentes a prática de alguns esportes em Caraúbas e vemos que os últimos anos a prática do ciclismo e atletismo se popularizaram no município de Caraúbas, todos os dias a andar pela cidade nos deparamos com pessoas praticando caminhada, corrida ou pedal. Este último que junto com o crescimento de sua popularidade também passou a se organizar, Caraúbas conta hoje com pelo menos quatro grupos organizados de ciclistas, sendo eles o Caraúbas Bike Team, Pedal do Lobisomem, Amigos do Pedal e o Pedal do Pôr do Sol, cada grupo contendo em média 50, 30, 15 e 15 integrantes respectivamente. De forma organizada, o município de Caraúbas tem aproximadamente 110 praticantes organizados de ciclismo. Estes grupos são mais focados nas modalidades de estrada, ciclismo praticado em ruas asfaltadas com bicicletas mais leves com aros maiores para ter mais velocidade ou na modalidade Mountain bike, esta que é praticada em terrenos acidentados com quase nenhuma regularidade com bicicletas mais resistentes e com pneus mais robustos.

Através desta análise feita sobre a situação socioeconômica da população caraubense e a presença significativa de praticantes de ciclismo nesta cidade, vemos que há a possibilidade, mesmo que o projeto não seja utilizado por todos(as) os(as) atletas, de chamarmos atenção para a importância da construção de uma sociedade menos desigual e sustentável.

6 CONCLUSÃO

Com o intuito de conscientizarmos a sociedade, voltando nosso foco para a população de Caraúbas, sobre a importância do trabalho e iniciativa de cada um na construção de uma sociedade que cresça e se desenvolva de forma mais harmônica com a natureza, menos desigual, elaboramos este projeto que inicialmente resultaria na construção de uma bicicleta geradora de energia elétrica, porém, com a pandemia causada pela COVID-19 tornou-se inviável a elaboração deste equipamento. As demais etapas do projeto não foram afetadas, logo foi feita uma análise na literatura sobre as leis que regem este meio de geração, com um estudo desde o gasto calórico do(a) ciclista, a transmissão da energia através do sistema, além de uma análise nas Equações de Maxwell, com foco na Lei de Faraday–Lenz, pois é a mais norteadora e mais embase este projeto.

Como dito, não foi possível construirmos uma versão real do projeto, o que acarreta na necessidade de uma melhora na análise teórica e produção de outros meios de divulgação visando um maior alcance consequentemente uma maior possibilidade de conscientização para a problemática da pesquisa. Logo construímos um modelo 3D da bicicleta geradora pois é uma forma mais dinâmica e até mais explicativa na interação com o projeto. Este modelo foi posto em um site, este que é a versão na WEB deste estudo e foi criado para uma inserção desta pesquisa nas plataformas digitais visando suprir as novas necessidades que surgiram no decorrer da elaboração deste trabalho.

Feito o estudo na literatura para que pudéssemos entender melhor os pilares teóricos desta pesquisa, pudemos entender deste o giro do pedal até o consumo residencial da energia gerada, observando a transmissão, como se dá a geração no alternador, e como funciona a bateria de ácido-chumbo tanto na carga como na descarga. Analisamos o gasto calórico de um(a) ciclista levando em conta a massa deste(a), o tipo de bicicleta utilizada e a velocidade com que está pedalando, feito isso comparamos com a quantidade de calorias presente em alguns alimentos para um melhor entendimento.

Tendo em mãos o potencial de geração de energia advinda do esforço físico humano, vimos que realmente há um uso concreto da energia gerada. Analisamos o tempo que uma pessoa leva para carregar uma bateria de ácido-chumbo utilizando o equipamento proposto pela pesquisa e vimos como se daria o uso desta energia. Fica evidente que utilizando a energia gerada poderíamos utilizá-la em residências de famílias que se enquadrassem nos requisitos visados por este estudo pois a análise nos mostra que a carga da bateria suporta por tempo suficiente para que haja uma diminuição no consumo de energia elétrica que vem direto da rede da concessionária.

Com estas análises vemos que há uma eficiência deste projeto quando a seus objetivos, uma vez que não tem como intuito a substituição dos meios tradicionais de abastecimento de energia

elétrica nas residências, porém é uma boa forma de conscientização para os problemas mencionados. Constatado isto, observamos que há no município do estudo uma demanda, uma vez que quase metade da população se enquadra nos requisitos da Tarifa Social e também há uma oferta quanto a possíveis voluntários para o carregamento das baterias.

Logo podemos observar que este projeto é uma forma de conscientizar e chamar atenção para a importância de meios mais eficientes e sustentáveis de geração de energia, mas mostrando que isto não se resume a Estado e indústrias, mas sim a toda a população. Portanto este trabalho pode não ficar restrito apenas ao município de Caraúbas, podendo ser expandido para cidades e regiões vizinhas para que possa ser utilizado em na elaboração de políticas de combate à desigualdade e de energias sustentáveis trazendo também um ponto importante que é a importância de atividades e exercícios físicos para a nossa saúde.

REFERÊNCIAS

1. CARVALHO, M. L. d., and Freitas, C. M. d. *Pedalandando em busca de alternativas saudáveis e sustentáveis*. *Ciência e Saúde Coletiva* 17 (2012), 1617–1628;
2. CRISP, A. H., Verlengia, R., AND OLIVEIRA, M. R. M. *limitações da utilização do equivalente metabólico (met) para estimativa de gasto energético em atividades físicas*. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento* 22, 3 (2014), 148-153;
3. DE PESQUISA ENERGÉTICA, E. E. *Statistica yerbook of electricity 2019 baseline year*. (2020);
4. DE SOUZA, P. V. S., and SILVA, C. A. T. *Efeitos da pandemia de covid-19 nos mercados de capitais internacionais*;
5. GASPAR, C. *Eficiência energética da indústria*. Cursos de eficiência Energética, ADENE (2004);
6. IBGE, D. D. P. *Coordenação de população e indicadores sociais, estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2021*. População estimada. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/caraubas/panorama> (2021);
7. OLIVEIRA, G D C S., and SIMEÃO, J D. *alternadores, uma fonte eficiente de energia automotiva*;
8. RHEINHEIMER, C. E. B. *Influência de coroas elípticas na prática de ciclismo*.
9. SADIKO, M. N. *Elementos de eletromagnetismo, terceira edição*. 2004;
10. XAVIER, G. N. A., DELLA GIUSTINA, M. and CARMINATTI, L. J. *Promovendo o uso da bicicleta para uma vida mais saudável*. *Revista CINERGIS* 1, (2000).
10. OBEZIRNER, Ana Paula B. *As Equações de Maxwell e Aplicações*. Centro de Ciências Físicas e Matemática. UFSC, Florianópolis. 7 de Julho de 2008.
11. FÉLIX, Daniel; TEIXEIRA, Lucas; CANÇADO, Airton. *Tarifa Social de Energia Elétrica: Uma Revisão de Literatura*. **Direitos Sociais e Políticas Públicas (UNIFAFIBE)**. São Paulo. Vol. 9. N° 1. 171-195. (2021).
12. BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de Abril de 2002. Planalto Federal, 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/l10438.htm. Acessado em 11 de Maio de 2022.
13. ALEXANDRE, J. I.; SILVA, J. P.; SALES, D. C. *Produção e Captação de Energia Elétrica Limpa Através da Adaptação de Bicicletas Ergométricas*. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2., 2014. Congestas. **Anais**. (2014).

14. CARNEIRO, R. L. et al. *Aspectos essenciais das Baterias Chumbo-Ácido e Princípios Físico-Químicos e Termodinâmicos do seu Funcionamento*. **Revista Virtual de Química**. 2017 , 9 (3), 889-911. Data da Publicação na Web: 7 de Junho de 2017.
15. HESSEL, Roberto. et al. *Lei da Indução de Faraday: Uma Verificação Experimental*. **Revista Brasileira da Ensino de Física**. v. 37, n 1, 1506. (2015)
16. COELHO, K. D. *Estudo de uma fonte ininterrupta de corrente contínua de baixa potência gerenciada por um microcontrolador*. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. UFSC. Florianópolis. (2001).
17. PUIG, Carlos Fils et al. *James Clerk Maxwell e a unidade do mundo: modelos e metáforas na construção de teorias científicas*. 2014.
18. MAXWELL, James Clerk. *A treatise on electricity and magnetism*. Clarendon press. 1873.
19. MAXWELL, James Clerk. VIII. *A dynamical theory of the electromagnetic field*. Philosophical transactions of the Royal Society of London, n. 155, p. 459-512, 1865.
20. MAXWELL, James Clerk. *On physical lines of force*. Philosophical magazine, v. 90, n. S1, p. 11-23, 2010.
21. MAXWELL, James Clerk. *On Faraday's lines of force*. Good Press, 2021.
22. LAGE, Eduardo. Campo magnético estacionário. *Revista de Ciência Elementar*, v. 9, n. 1, 2021.
23. G1. *Detentos irão gerar energia elétrica para presídios do DF por meios de bicicletas*. G1. 30 de Junho de 2021. Disponível em: < <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2021/06/30/detentos-irao-gerar-energia-eletrica-para-presidios-do-df-por-meio-de-bicicletas.ghtml> >.
24. BARBOZA, G. M. **Desenvolvimento de protótipo de uma bicicleta geradora de energia elétrica**. Curso de Engenharia de Energia. Universidade Federal do Pampa. 18 de Dezembro de 2017.
25. SOMBRA JÚNIOR, F. J. *Sistema de geração de energia elétrica de baixo custo para manter a iluminação e uma tomada USB em uma bicicleta*. 2019.