

AUTOMAÇÃO DE BICICLETA ELÉTRICA PARA AUMENTO DE AUTONOMIA: CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO

Francisco Flávio Vieira Diniz - Matrícula 201807483
Estudante de Engenharia Mecânica, Recife, Brasil, E-mail: flavio-vieira1@hotmail.com

Sandy Leislye Botelho da Paz - Matrícula 201800520
Estudante de Engenharia Mecânica, Recife, Brasil, E-mail: sandyleislye@gmail.com

Rafael Silva Duarte - Matrícula 201903210
Estudante de Engenharia Mecânica, Recife, Brasil, E-mail: rafael.elpp@gmail.com

Sidney Rodrigues da Cunha
Professor Mestre do Curso de Engenharia Mecânica, Unifg, Recife, Brasil, sidney.cunha@unifg.edu.br

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de bicicleta elétrica usando uma bicicleta comum com marchas, montada e adaptada com recursos mais simples e baratos encontrados no mercado, combinando esses materiais e as adaptações necessárias para proporcionar uma maior autonomia ao protótipo em comparação com as bicicletas elétricas existentes no mercado. Para o embasamento teórico, foram utilizadas diferentes bases de dados para o desenvolvimento do trabalho e referências como artigos, dissertações, teses e pesquisas de campo, a fim de entender e explicar o uso da energia mecânica (cinética) na geração da energia elétrica com o uso de um alternador de forma eficiente para carregar uma bateria de lítio, fabricado a partir de elementos existentes e carregadores de notebooks. Durante o processo de confecção do gerador, observou-se como aspecto principal a capacidade de ímãs de neodímio de gerar um campo magnético que, combinado com rotor e um estator composto de bobinas, tem a capacidade de gerar energia elétrica de corrente alternada. A partir dessas observações e testes, conclui-se que existem maneiras variadas de combinar o estudo de energia mecânica (cinética), rotação de um eixo transmitido por elementos como polias, correntes e outros, rotacionando um rotor com ímãs, gerando assim energia elétrica capaz de movimentar elementos mecânicos e promover a locomoção de veículos de maneira mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Automação, Reaproveitamento, Energia Cinética.

ABSTRACT: The present work aims to develop an electric bicycle prototype using a common bicycle with gears, assembled and adapted with simpler and cheaper resources found on the market, combining these materials and the necessary adaptations to provide greater autonomy to the prototype compared to the electric bicycles on the market. For the theoretical basis, different databases were used for the development of the work and references such as articles, dissertations and tests and field research, in order to understand and explain the use of mechanical (kinetic) energy in the generation of electrical energy with the use of an alternator efficiently to charge a lithium battery, manufactured from existing elements and notebook chargers. During the process of making the generator, the main aspect was the ability of neodymium magnets to generate a magnetic field that, combined with a rotor and a stator composed of coils, has the ability to generate alternating current electrical energy. From these observations and tests, it is concluded that there are different ways to combine the study of mechanical (kinetic) energy, rotation of an axis transmitted by elements such as pulleys, currents and others, rotating a rotor with magnets, thus generating electrical energy capable of to move mechanical elements and promote locomotion in a more sustainable way.

KEYWORDS: Automation, Reuse, Kinetic Energy.

1 Introdução

Desde os tempos remotos, o homem tenta desenvolver meios de transportes que proporcionem maior rapidez e conforto em viagens. Com a utilização de combustíveis fósseis em motores de combustão interna, aumentaram-se muito os níveis de poluentes na atmosfera, trazendo problemas ambientais e à saúde de habitantes, principalmente em grandes centros urbanos. Com isso, tornou-se evidente a necessidade da idealização de meios de transporte menos nocivos ao meio ambiente e as pessoas (PEREIRA, 2017).

No decorrer da história, com a evolução das tecnologias, tentativas foram feitas no intuito de utilizar combustíveis menos poluentes como o etanol, gás natural e a energia elétrica ou mecânica. Neste sentido, estão sendo produzidos meios de transporte elétricos, porém a maior parte da energia elétrica mundial é produzida por hidrelétricas ou termelétricas, as quais destroem biomas complexos, além de necessitarem dos recursos naturais para serem geradas (SANTOS; RIBEIRO; RANGEL, 2017).

Mediante o exposto, torna-se preciso o desenvolvimento de meios de transporte capazes de aproveitarem todas as formas de energia existentes, a fim de quebrar o ciclo de uso dos recursos naturais (SANTOS; RIBEIRO; RANGEL, 2017).

Bicicletas elétricas são meios de transporte de baixo custo e de pouco impacto negativo ao meio ambiente, neste sentido a energia mecânica (cinética) pode ser reaproveitada nesta forma de veículo, através de instalação de um mecanismo muito utilizado há bastante tempo em outros tipos de veículos automotivos, que se dão através da utilização de alternadores (RODRIGUES, 2014).

A utilização da energia mecânica (cinética) desperdiçada em eixos dos motores de bicicletas elétricas proporcionaria uma autonomia maior em relação às fontes de energia que são utilizadas, diminuindo a necessidade de recarregar utilizando energia fornecida pela rede fornecedora, baixando assim o custo para os usuários e diminuindo o impacto no meio ambiente. Portanto, o presente trabalho propõe análise do possível aproveitamento da energia mecânica resultante na rotação de um eixo em uma bicicleta movida por um motor elétrico com a instalação de um gerador (alternador) capaz de recarregar a bateria e promover uma maior autonomia do veículo. O estudo consiste na construção de um protótipo de um motor de Corrente Contínua (CC), o mais utilizado no mercado se tratando de bicicletas elétricas, automatizado com um alternador.

2 Referencial Teórico

2.1 A energia e suas fontes

Todos os seres, de forma geral e absoluta, necessitam de energia para sua existência. A energia está presente nos alimentos, em processos químicos como na fotossíntese ou na combustão do fogo. Fontes como a solar, eólica, radiação, cinética, ventos, marés, geotérmicas, terras especiais (magnetismo) podem ser utilizadas ou transformadas em outras formas de energia, sendo que várias dessas fontes perduram sendo utilizadas em inúmeros processos mecânicos, estando o avanço tecnológico diretamente ligado ao domínio e aproveitamento das mais diversas formas de energia disponíveis.

A energia cinética que está associada a qualquer corpo em movimento é dada pela fórmula $E = \frac{1}{2} M \times V^2$, onde E – energia, M – massa e V- velocidade do corpo. A energia eletromagnética une as partículas de um átomo (prótons e elétrons). A energia elétrica nada mais é do que essa manifestação desse tipo de energia. Há algum tempo descobertas de grandes reservatórios de combustíveis fósseis era motivo de guerras, pois significava o poder, mesmo que isso significasse a destruição da natureza (CAMPOS, 2004).

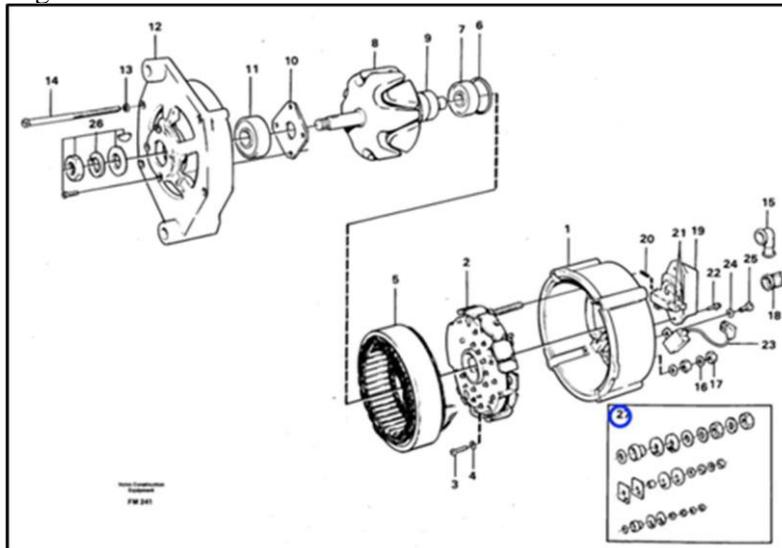
A ocorrência de chuva ácida, o risco de acidentes com combustíveis nucleares de afetar a vida vegetal e animal estão forçando políticos e estudiosos a discutirem formas mais eficazes e limpas na produção de energia, com vistas voltadas a preservação e melhor qualidade de vida da comunidade mundial (CAMPOS, 2004).

2.2 O alternador

Tendo em vista a necessidade de criar novas fontes de energia ou melhorar fontes já existentes, torna-se importante e necessária à criação que mecanismos que viabilizem a possibilidade de evidenciar a eficiência de um alternador o como máquina geradora de energia. O alternador é um gerador elétrico fixado e ligado por uma correia a um motor de combustão ou elétrico com a finalidade de converter energia cinética em elétrica para cargas eletrônicas de baterias em veículos quando seu motor estiver em funcionamento. Tem como objetivo criar um sistema energético com balanço compensado (SOEIRO, 2011).

O alternador deve ser capaz de carregar um acumulador de energia com capacidade de alimentar circuitos completos, deve também conter potência suficiente para carga e recarga rápida de bateria. A construção deve ser robusta, que resista a solicitações externas, como vibrações, temperatura ambiente alta, sujeira, umidade e etc. (SOEIRO, 2011). A figura 1 exemplifica os componentes de um alternador.

Figura 1: Alternador



Fonte: <https://www.tracbel.com.br/p/4627894/jogo-de-pecas-do-alternador-volvo-ce-244611-unitario>

Para melhor utilização desse equipamento é necessário conhecer as partes que o compõe:

- Extrator: É constituído por um conjunto de bobinas isoladas e fixadas em um conjunto de lâminas de aço. Para gerar energia, as bobinas precisam de um campo magnético produzido pelo rotor.
- Rotor: Tem como função formar o campo magnético e é constituído por um eixo de aço e uma bobina enrolada no seu interior.
- Placa retificadora: Transforma a energia elétrica Alternada (CA) em energia elétrica contínua (CC) produzida pelo alternador para recarregar a bateria.
- Regulador de tensão: Tem como finalidade regular a tensão gerada pelo alternador, protegendo os equipamentos que usam a energia gerada e impedindo também que a bateria sofra sobrecarga.

2.3 Baterias

As baterias são dispositivos eletroquímicos que transformam energia química em energia elétrica, e vice-versa. Seu processo de transformação é reversível, que pode ser recarregada continuamente ou quando houver descarregamento. A principal função das baterias é armazenar a energia gerada pelo alternador, ficando assim disponível para uso quando necessário. A bateria é capaz de fornecer alta corrente por um tempo limitado (CARNEIRO et al., 2017).

São acumuladores de energia que transformam energia química em energia elétrica e vice-versa por uma reação de oxirredução, onde denomina-se o polo negativo de anodo e o positivo de catodo, ocorrendo o movimento de elétrons do negativo (ânodo) para o positivo (cátodo) gerando energia elétrica. O quadro 1 sintetiza os tipos de baterias comumente mais utilizadas (CASTRO; BARROS; VEIGA, 2013). O Quadro 1 apresenta os tipos de baterias, formatos e exemplos de aplicações.

Quadro 1: Tipos de baterias

| | Tipo de bateria | Formato | Exemplos de aplicações |
|---|---|---|---|
| Baterias primárias (descartáveis) | Bateria de zinco-carbono | Cilíndrica ou retangular | Equipamentos portáteis (controles remotos, lanternas, relógios, rádios, brinquedos etc.) |
| | Bateria alcalina de dióxido de magnésio e zinco | Cilíndrica ou retangular | Equipamentos portáteis (controles remotos, lanternas, relógios, rádios, brinquedos etc.) |
| | Bateria primária de níquel | Cilíndrica | Câmeras digitais, MP3 <i>players</i> |
| | Bateria primária de lítio | Cilíndrica, botão, pino ou em módulos | Câmeras digitais compactas, PDA, relógios |
| | Pilha alcalina de botão | Botão | Jogos e brinquedos eletrônicos portáteis, alarmes de segurança |
| | Pilha de óxido de prata e zinco | Botão | Termômetros digitais, relógios |
| | Pilha de zinco-ar | Botão | Aparelhos de audição, <i>paggers</i> |
| | Pilha de óxido de mercúrio | Botão | Aparelhos de audição, <i>paggers</i> |
| Baterias secundárias (recarregáveis) | Bateria de níquel-cádmio | Cilíndrica, retangular ou em módulos | Equipamentos portáteis (controles remotos, lanternas, relógios, rádios, brinquedos etc.), telefones sem fio, ferramentas, luzes de emergência |
| | Bateria de níquel-hidreto metálico | Cilíndrica, retangular ou em módulos | Equipamentos portáteis (controles remotos, lanternas, relógios, rádios, brinquedos etc.), telefones sem fio, bicicletas elétricas, veículos híbridos |
| | Bateria de íon-lítio | Cilíndrica, retangular, botão ou em módulos | Incorporadas a equipamentos (barbeadores elétricos, MP3 <i>players</i> , PDA), telefones celulares, filmadoras, câmeras digitais, bicicletas elétricas, ferramentas, jogos eletrônicos, veículos híbridos e elétricos |
| | Baterias de chumbo-ácido | Retangular | Automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões, máquinas agrícolas, empilhadeiras |

Fonte: CASTRO; BARROS; VEIGA, 2013.

Alguns tipos de baterias são utilizadas no deslocamento de veículos, sejam totalmente elétricos ou híbridos. Sendo assim, devem ser selecionadas conforme classificação (CASTRO; BARROS; VEIGA, 2013).

2.4 Geradores

Um gerador de energia é um equipamento que transforma energia, seja ela mecânica (cinética) ou química em energia elétrica. Esses equipamentos são denominados de máquinas e as mais utilizadas na atualidade são máquinas síncronas e assíncronas. O gerador síncrono recebe esse nome porque a frequência da corrente elétrica gerada está diretamente relacionada (sincronizada) com a frequência de rotação do motor (TECNOGERA, 2021).

Um gerador síncrono tem princípio de funcionamento e composição muito parecidos com as de um motor síncrono. Para a geração de corrente elétrica é necessário a utilização de um campo magnético variável, e isso é feito acoplado ímãs permanentes ou eletroímãs ao rotor. Quando esse gira, o campo magnético também gira, produzindo corrente elétrica nas bobinas presentes nas paredes do estator (FINKLER, 2021).

Uma das vantagens é que a frequência da corrente alternada permanece fixa, independentemente da carga que o gerador está alimentando. Essa característica faz com que esse tipo de gerador seja usado em grandes usinas hidrelétricas, mas tem como desvantagem a utilização de água que é uma fonte finita, e na sua construção exige o acúmulo de grandes volumes deste recurso (represas), tornando-se nocivas ao meio ambiente através da cobertura hídrica da terra, impactando a fauna e flora local.

Geradores síncronos também funcionam com a queima de combustíveis na maioria das vezes fósseis, que não deixam de liberar gases tóxicos como o Dióxido de Carbono (CO_2) e o Monóxido de Carbono (CO), considerados os principais causadores do aquecimento global.

Os geradores assíncronos utilizam o mesmo princípio de motores assíncronos, conhecidos também como motores de indução. Para produzir energia quando usados como motor, a energia elétrica é convertida em energia mecânica, fazendo o rotor girar. A velocidade de rotação depende das características do motor, mas a geração sempre será abaixo da chamada “frequência de sincronismo”. Quando usado como gerador, o rotor deve ser girado acima dessa frequência para converter a energia mecânica (cinética) em energia elétrica (TECNOGERA, 2021).

Tem como vantagem sua construção mais simples e robusta, ausência de contatos mecânicos (reduzindo manutenções por desgaste) e a independência de sincronismo com a velocidade do rotor. A desvantagem desse tipo de gerador é a necessidade do rotor girar mais rápido que a frequência de sincronismo (FINKLER, 2021).

O gerador também precisa de “energia reativa” para poder gerar “energia ativa” isso é facilmente contornado com uma aducação na relação de transmissão ou um banco de capacitor adequado ligado ao gerador. Existe também condensadores para equilibrar os fatores de potência resultantes da falta de sincronismo entre rotação e a frequência, dentre os quais será usado um deles adequado ao protótipo. Em geral o gerador assíncrono é muito econômico, possui menor necessidade de manutenção além de ser mais adaptável a aplicações, especificações energéticas com ênfase na contribuição ao bem-estar ambiental por sua baixa emissão de poluentes (TECNOGERA, 2021).

3 Metodologia

Tratando-se de geração, transformação e armazenamento de energia, são verificados empecilhos como perdas ocasionadas por condutividade de materiais, temperatura e falhas na projeção, por exemplo. Para amenizar e contornar estes problemas torna-se necessário dimensionar polias com a finalidade de promover uma relação de transmissão apropriada, a utilização de capacitores como também o uso de condensadores capazes de compensar os momentos de baixa rotação do motor e um controlador de tensão, que normalizará os picos de geração em momentos de maior rotação do eixo motor. Na construção do protótipo serão necessários processos mecânicos tais como: corte, dobra soldagem, será preciso também fazer uma busca por materiais leves e bons condutores que contribuam para um melhor aproveitamento de energia cinética (rotação promovida pelo motor no eixo), considerando a relação torque do motor e peso do equipamento.

Para o embasamento teórico foram utilizadas diferentes bases de pesquisa para o desenvolvimento do trabalho, utilizando referências como artigos, dissertações, teses e pesquisa de campo, a fim de entender e explicar o uso de energia mecânica (cinética) na geração de energia elétrica com o uso de um alternador.

Para a construção do protótipo, os materiais foram adquiridos em lojas de peças usadas ou comprados novos. Colocados em bancada para testes e feitas as modificações que se fizeram necessárias. Foi usado um alternador com uma polia de ferro parafusada em seu eixo rotativo, que tem a finalidade de absorver as rotações promovidas pelo eixo motor, que é um motor de CC. O alternador modificado funcionará gerando corrente alternada, baseado no conceito de repulsão/atração de pólos magnéticos e será transformada em CC com o uso de pontes retificadoras. O gerador é composto de rotor e estator, que possui ímãs permanentes presos ao rotor, que ao girar, induzem campo elétrico no eixo do estator, transformando a energia mecânica em energia elétrica com algumas perdas. Uma de suas maiores vantagens é que, devido ao fato de o rotor conter somente os ímãs permanentes, não precisa de alimentação.

Também será usado um condensador de tensão, que tem como função manter a tensão de saída sem oscilação, mesmo ocorrendo variações na tensão de entrada. Este equipamento é de grande relevância, devido às grandes variações de tensão geradas pelo sistema, causados pelos diferentes níveis de velocidade ocasionados por aclives, declives existentes no percurso a ser percorrido, também será utilizada uma correia com cinco ranhuras, que transmite a velocidade entre os eixos da bicicleta e do conjunto gerador (COSTA, 2014). Nos eixos motor e movido estarão acopladas polias de diâmetros a serem definidos, com a finalidade de criar uma relação de transmissão adequada ao sistema.

Serão usadas baterias de lítio construídas a partir de componentes existentes em carregadores de notebooks ou compradas no mercado. A Construção do protótipo será feita com a utilização de um modelo de bicicleta já existente adaptada com os itens desenvolvidos no projeto. O protótipo será construído com um modelo de bicicleta já existente no mercado e, portanto, obedecendo todas as normas e exigências preestabelecidas pelos órgãos regulamentadores no Brasil.

4 Resultados e Discussão

4.1 Modificação do alternador

Foi utilizado um alternador automotivo adquirido através de doação em uma loja automotiva de peças usadas. O primeiro passo foi a retirada do cobre do rotor para isentá-lo da necessidade de energizá-lo para imantar e produzir energia quando rotacionado. O rotor de 12 pólos foi usinado em uma freza mecânica manual, criando uma cavidade que acolhasse um ímã de neodímio N35 com as seguintes especificações:

- Formato: circular
- Composição: Nd₂ FeB
- Revestimento: Níquel
- Classe: N35
- Carga magnética: 6, 5 kg
- Cor: prata

Ímãs de neodímio possuem diversas aplicações atualmente, devido à sua grande capacidade de absorção de carga magnética e seu tamanho compacto, o que facilita sua aplicação em diversas atuações e em vários tipos de trabalho. Sua capacidade de retenção de carga magnética é infinita, o que implica dizer que jamais terá perda significativa na sua magnetização atual. É recomendado sua utilização em condições de temperaturas entre 80°C à 500 °C. Seu revestimento em níquel retarda muito sua não inoxidação.

Suas principais aplicações são na geração de carga contínua, que visam a criação de um campo magnético contínuo e permanente em motores acionadores de carga, indústrias em geral, na separação de resíduos por atração magnética, guindastes e equipamentos magnéticos e também na área da saúde, e, scanners de ressonância magnética e instrumentos de medição. A figura 2 exemplifica um ímã de neodímio.

Figura 2: Ímã de neodímio



Fonte: Autoria própria

Os motores de ímãs permanentes sem a necessidade do uso de escovas, chamados de motores brushless, vêm ganhando espaço devido à sua eficácia ser melhor que a dos outros tipos de motores, pois geram uma melhoria da eficiência elétrica. A figura 3 apresenta o início da confecção da modificação do rotor para o funcionamento com ímãs.

Figura 3: Ímã de neodímio acoplado a um rotor de um alternador de 12 pólos

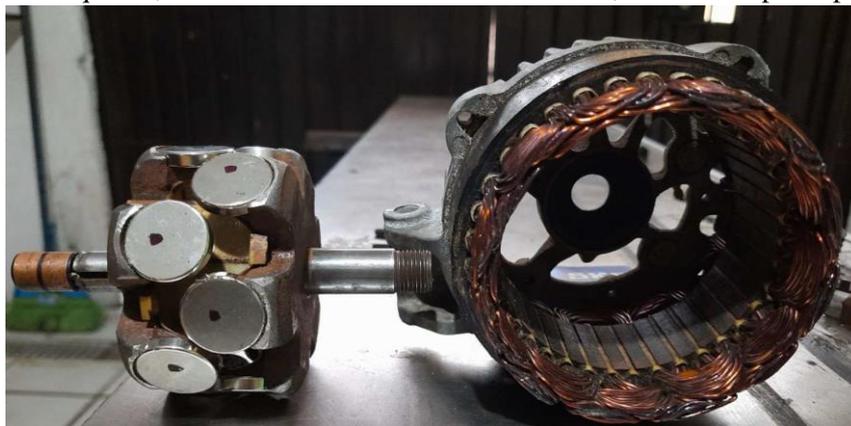


Fonte: Autoria própria

O motor elétrico é um componente com um maior custo sobre os bens de consumo, devido ao consumo elevado e o custo da energia elétrica, como ela é produzida hoje. Portanto, aproveitar outras formas de energia desperdiçadas com a cinética é de suma importância econômica e ecológica (COUTINHO, 2019). Entre as máquinas elétricas, motores com ímãs permanentes se destacam devido ao controle de velocidade mais preciso e resposta rápida. Este tipo de motor é composto por um estator formado por bobinas e por um rotor com ímãs permanentes em sua superfície (SIGH, 1997).

Os motores com ímãs na superfície têm estruturas mais simples e mais força centrífuga, o que contribui com a velocidade e menor peso para movimentar o rotor. O processo de comutação dos motores brushless DC é semelhante aos das máquinas CC convencionais. Em um motor CC elementar, uma espira é fixada ao rotor e o campo do estator é estabelecido por ímãs que rotacionam e produzem um campo magnético formado por dois pólos com orientações alternadas (norte e sul) (HENDERSHOT, MILLER 1994). A figura 4 representa o rotor e o estator utilizados.

Figura 4: À esquerda, rotor modificado com ímãs e a direita, estator composto por três bobinas.



Fonte: Autoria própria

Foram utilizados no projeto 12 ímãs de neodímio com formato de uma circunferência e medidas de 25 mm de diâmetro, 5 mm de espessura/altura, feitos da combinação de ferro neodímio e boro e revestidos com uma camada fina de níquel, com capacidade magnética de 6,5 kg dispostos em 12 polos de um rotor com orientações magnéticas norte e sul alternadas, de maneira que ao rotacionar no interior do estator produza um campo magnético alternados.

É importante observar que catálogos e manuais de alternadores não trazem informações de relações a respeito das rotações com as tensões geradas, dessa forma, foram realizados testes para identificar uma relação de rotação e tensão adequadas ao projeto desejado.

A geração de tensão alternada do alternador modificado com ímãs de neodímio pode ser observada a partir dos testes para este fim, em que foram realizados em um torno mecânico com velocidade máxima de 1400 rpm. Os resultados obtidos foram compilados na tabela 1.

Tabela 1: Geração a partir da rotação

| Rotação do torno (RPM) | Geração (Volts) |
|-------------------------------|------------------------|
| 350 | 3 à 4 |
| 500 | 4 à 5,5 |
| 900 | 8,5 à 10 |
| 1.200 | 11 à 12,5 |
| 1.400 | 13 à 14,5 |

Fonte: Autoria própria

Em um veículo automotor de combustão interna, o alternador desempenha a função de recarregar a bateria, que é responsável por alimentar todo o sistema elétrico do veículo, como sensores, limpador de para-brisas e luzes, além de ser responsável pela sua partida, pois é a bateria que faz funcionar o motor de partida responsável pela ligação do motor e a partir daí o condutor se responsabiliza pela condução do veículo e observação de falhas de algum componente através de mostradores, sejam esses displays digitais ou analógicos.

Uma falha no alternador não ocasiona a parada imediata do automóvel, mas quando não funciona de maneira correta ocasiona o não recarregamento da bateria, o que acarreta o não funcionamento do sistema eletroeletrônico. Neste caso, é necessário fazer o reparo por profissionais habilitados ou a substituição do componente.

5 Considerações Finais

Durante o estudo para o desenvolvimento deste protótipo, tornou-se evidente que um alternador oferece e apresenta diversos tipos de utilização. No caso do protótipo de bicicleta elétrica para o aumento da autonomia, foi possível através da leitura de literaturas criar um gerador com a utilização de ímãs, o qual se mostrou perfeitamente capaz de realizar a mesma função, de maneira eficiente e sem a necessidade de uso de combustíveis fósseis, que de maneira indireta impacta negativamente na qualidade de vida através do impacto ambiental que causa. Pode-se concluir, portanto, que com o avanço das tecnologias e aumento do conhecimento é perfeitamente possível utilizar fontes limpas de energias voltadas a desenvolver no futuro veículos e máquinas autônomas.

A partir dessas observações e testes, conclui-se que existe maneiras variadas de combinar o estudo de energia mecânica (cinética), rotação de um eixo transmitido por elementos como polias, correntes e outros, rotacionando um rotor com ímãs, gerando assim energia elétrica capaz de movimentar elementos mecânicos e promover a locomoção de veículos maneira mais sustentável.

Referências

- CARNEIRO, R. L. et al. Aspectos essenciais das baterias chumbo-ácido e princípios físico-químicos e termodinâmicos do seu funcionamento. **Revista virtual de química**, v. 9, n. 3, p. 889-911, 2017.
- CAMPOS, F. G. R. **Geração de energia a partir de fonte eólica com gerador assíncrono conectado a conversor estático duplo**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- COSTA, I. P. et al. **Sistema de transformação de energia cinética em energia elétrica por meio de uma bicicleta ergométrica com aquisição de sinais e dados**. 2014. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T14_0397_8.pdf Acesso em: 29 out. 2021.
- FINKLER, A. L. et al. A necessidade de regulamento de interconexão para microgeração por máquinas síncronas e assíncronas. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 6, n. 1, 2021.
- PEREIRA, J. A. S. **Estudo e implementação de técnicas de controle para um motor BLDC de uma bicicleta elétrica**. 2017. Tese de Doutorado.
- RODRIGUES, F. J. C. **Controle de esforço no ciclismo com recurso a bicicletas elétricas e smartphones**. 2014. Tese de Doutorado.
- SANTOS, L.; RIBEIRO, L. G. M.; RANGEL, L. A. D. Avaliação de fontes renováveis de energia utilizando o Apoio Multicritério à Decisão. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (Resende, 2017)**.
- CASTRO, B. H. R.; BARROS, D. C.; VEIGA, S. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. **BNDES Setorial**, n. 37, mar. 2013, p. 443-496, 2013.
- SOEIRO, L. **SIMULAÇÃO DO BALANÇO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UM VEÍCULO**. PUCMINAS GERAIS. Belo Horizonte, p. 99, 2011.
- TECNOGERA. **Quais as diferenças entre um gerador síncrono e assíncrono?** 2021. Disponível em: <https://www.tecnogera.com.br/blog/quais-as-diferencas-entre-um-gerador-sincrono-e-assincrono>. Acesso em: 01 jun. 2022.