



# 10º Encontro de Ensino Pesquisa e Extensão

*Patrocínio, MG, outubro de 2023*

## **ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NA FORMA DE ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL**

Mateus dos Santos Pires, Artur de Almeida Rios, Halyne Borges  
Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Patrocínio

Modalidade: Pesquisa.

Formato: Resumo Expandido

Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)

### **Resumo:**

Problemas relacionados à fornecimento, produção e disponibilidade de energia elétrica, têm sido tema amplamente discutido em âmbito global. As crescentes preocupações com questões ambientais, têm levado autoridades de grandes potências econômicas, a desenvolverem alternativas viáveis que possam manter o crescimento econômico sem agravar a situação climática atual. Nesse sentido, muitas das soluções apresentadas, estão relacionadas com formas mais eficientes e limpas de produção de energia elétrica e sua gestão (transmissão, distribuição e armazenamento). O presente trabalho, tem o intuito de trazer estudos relacionados ao armazenamento de energia elétrica na forma de energia potencial gravitacional, diferente do que se observa no sistema das hidroelétricas. Trata-se, portanto, da disponibilização de energia elétrica em momentos de necessidade, como falha no fornecimento pela matriz instalada, por exemplo, ou simplesmente em situações de não geração de eletricidade em áreas que utilizam sistemas *OFF GRIDE*, quando não há incidência solar. Ao longo do desenvolvimento dos estudos, tem-se definido quais sistemas de transmissão de potência mecânica e qual tipo de motor/gerador elétrico oferecem melhores relações de conversão. Para tanto, o uso de recursos computacionais como programas de simulação e desenho em CAD, se mostram essenciais visto que torna possível a detecção de falhas ou inconsistências que poderiam surgir na etapa de consolidação de um protótipo por exemplo. Espera-se, contudo, obter resultados que possam fundamentar a aplicação dessa forma de disponibilidade de energia elétrica por meio da conversão de energia potencial gravitacional armazenada.

**Palavras-chave:** Gravidade; Energia Elétrica; Energia Potencial Gravitacional.

## **Introdução**

Muito tem sido discutido sobre produção e armazenamento de energia elétrica no Brasil e no mundo. A imediata necessidade de reduzir as emissões de gases poluentes bem como os causadores de efeitos estufa, tem motivado pesquisadores e empresas a desenvolverem e criarem modos de produção de energia elétrica mais limpas e principalmente formas de armazenamento dessa energia, como baterias químicas ou não químicas. O presente trabalho, tem enfoque na armazenagem de energia elétrica na forma de energia potencial gravitacional.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), lançou no ano de 2022 o Balanço Energético Nacional (BEN), que traz dados sobre produção e consumo de energia elétrica no ano de 2021. O relatório informa que a contribuição na produção de energia elétrica, por fontes hídricas, corresponde à 56,8% (já incluída a importação de eletricidade) do total disponível no ano referência. O setor solar, contribuiu, segundo o BEN, com 2,7% da produção total no período apurado pela EPE (BRASIL, 2022).

De toda a oferta de eletricidade interna no Brasil, 83% são representadas por fontes renováveis. Uma vez que essas fontes não são contínuas e dependem, majoritariamente, das condições favoráveis ambientais como disponibilidade de ventos, incidência solar e chuvas, em quantidades suficientes para suprir a demanda, torna-se necessário o armazenamento da energia elétrica, que na maioria dos casos, utiliza-se das já conhecidas baterias químicas (chumbo ou lítio, por exemplo (BRASIL, 2022).

Nesse sentido, surge a proposta de armazenamento de energia na forma gravitacional que consiste, basicamente, em elevar uma carga dimensionada, a uma altura pré-determinada, utilizando eletricidade pelos motores/geradores. Estando a carga elevada até a máxima altura possível, projetada de acordo com a necessidade de cada projeto, obtém-se o armazenamento de energia potencial gravitacional. Tal situação, torna possível a conversão em energia elétrica, que por sua vez, pode ser usada a qualquer momento, sendo viável principalmente em períodos de baixa disponibilidade de eletricidade ou racionamento ( MORSTYN, 2021).

Em síntese, parte das atividades propostas neste trabalho é a realização da análise bibliográfica de artigos que abordam este assunto. Por conseguinte, propõe-se ainda, a construção de um protótipo, que consiste em um dispositivo que funciona como uma bateria gravitacional.

## Metodologia

No primeiro momento, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre os trabalhos presentes na literatura que abordam o tema de armazenagem de energia potencial gravitacional a ser transformada em energia elétrica. Nessa pesquisa, foram analisados dois artigos que fornecem dados relevantes de projetos como a utilização de areia como elemento de massa/carga (HUNT, 2023) e modelagem de sistema em pequena escala, informando capacidade gerada e dimensões das estruturas utilizadas (RUOSO, 2019).

No segundo momento, foi realizada um estudo sobre qual motor e sistema fotovoltaico a ser utilizado. Nesse ponto, os estudos sobre a arquitetura de máquinas elétricas contribuem para a realização do dimensionamento correto do motor a ser utilizado na construção do protótipo, assim como para o dimensionamento das máquinas mais adequadas para determinados tipos de projeto em escala real de operação. Por fim, é importante estabelecer o aparato fotovoltaico necessário para suprimento energético do motor em fase de carregamento da bateria de gravidade.

Como recurso de criação de peças, utiliza-se uma impressora 3D, modelo Ender 3 S1 pro ilustrada na Figura 1. Eventualmente, surge a necessidade de produzir qualquer peça a fim de atender especificações próprias do projeto. A versatilidade e exatidão oferecidas pela impressão 3D, possibilita a não dependência de fornecimento de peças e desenvolvimento de novos modelos mecânicos por exemplo.

Figura 1 – Impressora 3D Ender 3 S1 pro.



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Posteriormente, inicia-se a pesquisa sobre automação de acoplamentos mecânicos, bem como de acionamentos e controle de processo. Realiza-se a listagem de peças e componentes de automação como atuadores e sensores. Como suporte de auxílio, pretende-se utilizar *software* de simulação visando orientar as tomadas de decisões.

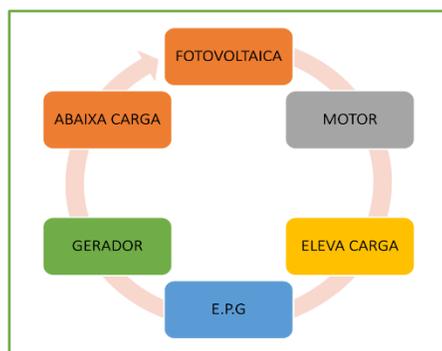
Sendo assim, de posse das principais informações do projeto (motor, sistema de geração de energia e sistema mecânico de redução e polias), foi construído um esboço esquemático simples, da estrutura e do posicionamento dos componentes principais do protótipo, como pode ser visto na Figura 2. A sequência dos eventos, pode ser observada no fluxograma 1.

Figura 2 - Esquemático da bateria gravitacional



Fonte – Elaborado pelo autor (2023)

Fluxograma 1 – Sequência de eventos



Fonte – Elaborado pelo autor (2023)

## Resultados

Inicialmente foram selecionados alguns trabalhos acadêmicos relacionados ao tema de armazenamento de energia potencial gravitacional com o propósito de conversão em energia elétrica. Analisado com mais detalhe, HUNT (2023), propõe a utilização de minas desativadas, com efeito de aproveitamento das estruturas e mão de obra já existentes. Outro ponto de destaque é a utilização de areia como carga, tendo como principais vantagens a não contaminação do subsolo e facilidade de armazenamento. Estima-se que essa tecnologia possa gerar de 7 até 70 TWh de energia elétrica (HUNT, 2023). A referência RUOSO (2019), também foi evidenciada visto que traz contribuições relativas à substituição das formas de armazenamento eletroquímico de energia por forma potencial gravitacional, visando pequenas indústrias e residências, ou seja, pequena escala.

Referente à modelagem para a construção do protótipo, optou-se por utilizar o *software* de desenho CAD, FUSION 360, da Autodesk, devido a sua simplicidade de operação e licença para estudante. Subsequentemente à escolha do *software* de desenho, foi realizado um criterioso estudo sobre impressoras 3D. Por apresentar melhor relação custo-benefício e por ser amplamente utilizada no mercado de impressão 3D, foi adquirida o modelo Ender 3 S1 Pro, da

*Creality*, a ser utilizada como unidade produtora de peças específicas para suprir as maiores necessidades do projeto.

Para atingir os anseios da pesquisa, o motor deve possuir maior quantidade de polos para poder obter maior valor de conjugação (torque). Em contrapartida, a velocidade síncrona será menor. Alimentação do motor deverá ser trifásica, devido à maior facilidade de controle de frequência e velocidade angular no eixo. Já o sistema de transmissão, será feito por polias e correias visto que esse arranjo atende boa parte de sistemas semelhantes e robustos, empregados na agroindústria.

## **Conclusões**

Com o desenvolvimento da pesquisa, espera-se comprovar a viabilidade do emprego desse sistema de armazenamento de energia elétrica na forma potencial gravitacional. Com o progresso das etapas desse trabalho e baseando-se nos artigos selecionados, fica evidente o potencial de aplicação do arranjo gravitacional de armazenamento de energia a ser convertida em eletricidade. Esse sistema apresenta vantagens que vão de encontro com as exigências globais de diminuição de emissão de gases causadores do efeito estufa, produção de energia elétrica limpa e renovável, sem causar mais danos ao meio ambiente, se mostrando solução eficiente para a grande maioria das necessidades atuais de melhoria e suporte das matrizes energéticas.

## **Referências**

- MOHAN, N. **Máquinas Elétricas e Acionamentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**, 2022.
- MORSTYN, T.; BOTHA, C. D. **Gravitational Energy Storage with Weights**. Encyclopedia of Energy Storage, p. 64-73, 2021.
- BOYLESTAD, ROBERT L. **Introdução à análise de circuitos**. 13. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.
- RUOSO, Ana Cristina et al. **Storage Gravitational Energy for Small Scale Industrial and Residential Applications**, *Inventions*, 4, 64; 2019.
- HUNT, Julian David et. al. **Underground Gravity Energy Storage: A Solution for Long-Term Energy Storage**. *Energies*, 16, 825, 2023.