

O PROCESSO DESDE A CONCEPÇÃO AOS TESTES DE UM PROTÓTIPO DE ENGRANAGEM MAGNÉTICA.

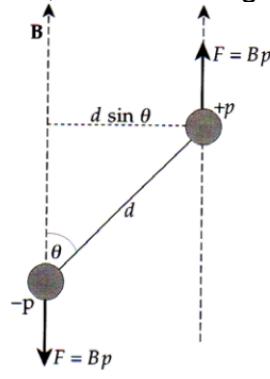
FELIPE LOURENÇO GALESKI¹; LUCAS DOS SANTOS PEREIRA²; CARLOS GUILHERME NEVES³

¹Universidade Federal de Pelotas – felipe.galeski@ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – carlos.neves@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Desde a alvorada da humanidade, uma das unidades para dimensionar o desenvolvimento da espécie foi a quantidade de energia que as comunidades eram capazes de utilizar. A adoção da tração animal foi um dos momentos de maior impacto no sedentarismo recém adotado pela espécie no início da revolução agrícola, já que introduzia novas fontes de energia que poderiam ser utilizadas para diversos fins. E deste contexto advém os primeiros mecanismos e engrenagens dentadas para a manipulação destas capacidades de tração, transformando a natureza linear em circular (R. GHIDIN et al, 2020). A validação da utilidade de tais mecanismos fomentou sua evolução em diversos segmentos ao longo dos anos, de maneira que pudessem ser aproveitados e otimizados das melhores maneiras possíveis, chegando ao ponto em que na contemporaneidade propostas que almejam a eliminação de forças dissipativas removendo a existência do contato mecânico entre elementos torna-se uma realidade por meio da substituição dos princípios da ação e reação -propostos na terceira lei de Newton- por princípios magnéticos, tais dispositivos rotativos fundamentam-se na transmissão do fluxo magnético entre imãs permanentes. O estudo do fenômeno de geração de torque por meio do uso de fluxos magnéticos é uma área em expansão, entretanto a vanguarda das publicações a respeito de tal tema sob rigor matemático advém do século XIX. Sob este prisma, sabe-se que há condições que devem ser atendidas para que tais sistemas funcionem adequadamente, uma delas descreve a maneira como as direções das forças que atuam em cada polo magnético são opostas, com linhas de campo saindo do polo norte e chegando ao polo sul, além disso sabe-se que o torque atua no sentido de alinhar o eixo do imã na direção das linhas do campo magnético. Em termos matemáticos, a magnitude do torque produzido por dois polos magnéticos é proporcional ao produto vetorial entre o momento magnético do dipolo e o campo magnético estabelecido entre eles, observe a Figura 1



$$\text{torque} = Fd \sin \theta$$

$$\tau = pd B \sin \theta = \mathbf{m} \times \mathbf{B}$$

Figura 1: Definição do momento magnético m de um par de pólos magnéticos Fonte: Lowrie, 1996

É sabido que em máquinas elétricas, como geradores e motores, para que exista torque magnético é necessário haver o mesmo número de polos sul e polos norte no sistema, pois qualquer configuração diferente disto, resultará em torque nulo. Devido a esta necessidade, adota-se no sistema de engrenagens magnéticas a implementação de moduladores, cuja ação culmina no rotor externo (outer rotor) “enxergando” o mesmo número de pólos do rotor interno (inner rotor), desta forma há a produção de torque. Uma representação da modulação de polaridades pode ser observada a Figura 2.

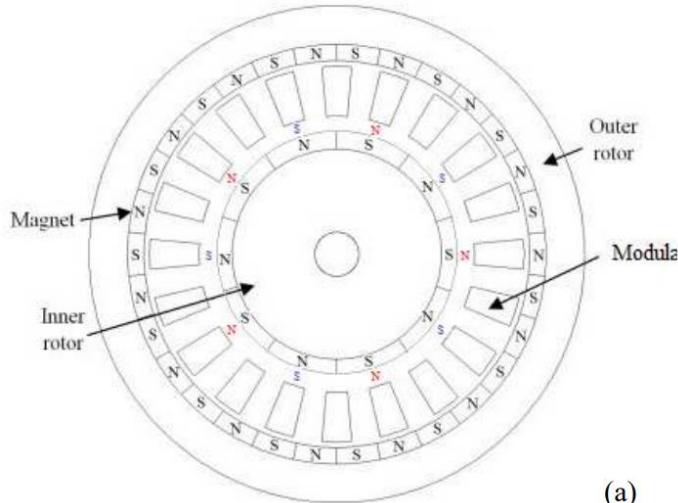


Figura 2: Ação dos moduladores no sistema (NEVES, C. et al, 2019)

Além da estrutura física dos moduladores, é necessário respeitar relações de multiplicidade entre imãs, tanto na engrenagem de entrada quanto na de saída, e moduladores (NEVES, C. et al, 2019), descrita na seguinte expressão:

$$Polos_{in} + Polos_{out} = NumModuladores \quad (1)$$

A relação de engrenagem (G_r) é dada pela seguinte equação:

$$G_r = \frac{\omega_{in}}{\omega_{out}} = -\frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (2)$$

Onde ω_{in} é a velocidade do rotor interno, ω_{out} é a velocidade do rotor externo. De acordo com os fundamentos de transmissão de torque, pode-se dar início aos procedimentos de tentativa de funcionamento da engrenagem magnética.

2. METODOLOGIA

A fim de validar os fundamentos teóricos, a construção de um protótipo tornou-se necessária, porém a exigência por dimensões precisas e específicas acarretou no carecimento de metodologias mais acuradas de prototipação como a fabricação aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D. Tal metodologia consiste na conversão de modelos realizados por meio de Softwares CAD (Computer assisted design) em sequências estruturadas –Código de linguagem G- que podem ser interpretados como coordenadas e convertidos em comandos para sistemas de deposição de material polimérico, neste caso PLA (Biopolímero ácido poliláctico), com preenchimento das peças variando entre 15% e 20%.

A construção do dispositivo foi pensada de maneira que o momento angular produzido pelo magnetismo não interferisse no sistema, por isso houve imensa atenção as estruturas e reações de apoio produzidas por ela. Como consequência, obteve-se uma estrutura que faz uso da força de tração de fusos e porcas ao invés de aglutinantes em seus pontos fracos. Sendo assim, a partir do protótipo já impresso foi realizada a união da estrutura e dos imãs -através de aglutinantes em gel- tomando o devido cuidado para que o magnetismo individual de cada imã não interferisse no processo de secagem da cola dos demais já posicionados.

Sob outro prisma, protótipo confeccionado foi concebido para deter de 2 imãs no rotor externo (um par de polos) e 22 imãs no rotor interno (11 pares de polos), e de acordo com a Equação 1 o número de moduladores metálicos deste sistema deve ser 12. Sempre mantendo em vista que os componentes rotores são móveis e os moduladores são estáticos, toda a estruturação do protótipo faz uso do compartimento dos moduladores como pilar de firmamento.

Uma vez finalizada a etapa de prototipação, foi realizado o acoplamento de um motor ao sistema, para que fossem levantados dados referentes à relação de transmissão e eficiência do mesmo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos devem ser avaliados individualmente sob cada uma das óticas do protótipo, já que há falhas e sucessos atribuídos a cada uma das etapas sendo a primeira delas a estrutura em si.

Sob o prisma da estrutura física, sua concepção é considerada um sucesso, já que as reações de apoio planejadas estavam presentes e corroboraram para o bom funcionamento das estruturas dinâmicas, sem a manifestação de folgas ou instabilidades dimensionais, além disso o projeto e protótipo das peças foi realizado de maneira a permitir variação de alguns parâmetros afim de encontrar pontos otimizados de funcionamento. O sistema montado pode ser observada na Figura 3-c).

Porém, ao incluir os imãs no sistema e realizar novamente à montagem, adversidades não previstas manifestaram-se, como a torção do material. Tendo em vista que parâmetros de impressão 3D são comumente determinados através da sintonia fina do operador, não fora possível mensurar previamente a intensidade que os imãs iriam impor sob a estrutura e em consequência disto, foi possível identificar deformação na estrutura de suporta aos discos rotatórios em decorrência da força magnética que os imãs promovem. As estruturas que sofreram deformação são exibidas na Figura 3-b).

Além disso, a prototipação expandiu as possibilidades de observação de alguns fenômenos antes não mensurados, como é o caso do Cogging Torque, uma perda de energia decorrente da força de atração entre os imãs e os moduladores magnéticos, presente no sistema em repouso e que deve ser vencida de maneira similar ao momento de inércia de um motor convencional. Os moduladores do sistema podem ser visualizados na Figura 3-a).

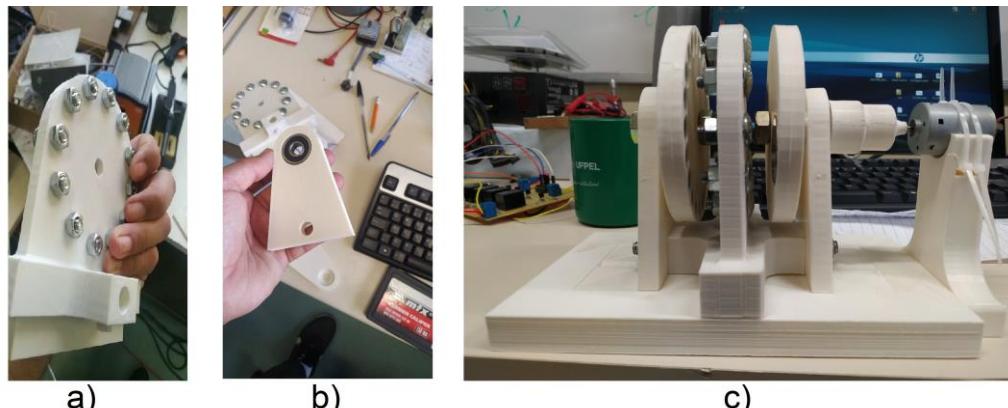


Figura 3: a) Moduladores do sistema; b) Estrutura de suporta aos discos; c) Sistema completo

Infelizmente o processo de obtenção da relação de transmissão foi mal sucedida, devido a fratura do acoplamento entre o motor e o rotor acoplado.

Todavia, apesar da presença de pequenas deformidades durante a atuação, problemas durante a fase de testes e algumas perdas de energia não previstas, pode-se considerar bem sucedida a jornada realizada até o momento.

4. CONCLUSÕES

Em suma, pode-se considerar bem-sucedida a jornada para a elaboração do protótipo da engrenagem magnética, pois evidenciou pontos a serem mantidos ou melhorados em versões futuras do mesmo sistema. Além disto, deve-se destacar o desenvolvimento do componente humano deste trajeto, já que durante a elaboração deste trabalho houve o refinamento de habilidades previamente existentes de prototipagem e projeto em CAD, juntamente com a aquisição de novos conhecimentos a respeito das extensões das aplicações do magnetismo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NEVES, C. G. C.; FLORES-FILHO, A. F. Coaxial Magnetic Gear: A Pedagogic Approach. **ISEF 2015 - XVII International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering**, Spain, v.?,n.15. p. 1-6, 2015.

GHINDIN, R.; MORMUL, N. M. Revolução agrícola neolítica e o surgimento do Estado classista: breve reconstituição histórica. **Revista de Ciências do Estado**, Brasil, v.5, n.1, p. 1-20, 2020.

LOWRIE, W. **Fundamentals of geophysics**, Inglaterra, Cambridge University Press, 1997