

ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DE ÍMÃS DE NEODÍMIO NA RELAÇÃO INDUÇÃO/PESO EM ESTRUTURAS DE ROBÔS DE SUMÔ

Lucas Silva Soares, lucassoaresgt9100@gmail.com

Universidade Estadual do Maranhão, Condomínio Cais da Sagração, Bloco cinza, apto 301, Rua da Paz, Angelim, São Luís/MA

Mylena Samantha Ferreira Mendes, mylena.samantha@hotmail.com

Universidade Estadual do Maranhão, Rua 05, Quadra 91, número 22, Bloco A, Cidade Olímpica, São Luís/MA

William Cunha Rezende Medeiros Tavares, wcunhatavares@gmail.com

Universidade Estadual do Maranhão, Rua 07, Quadra 03, Número 09, Planalto Vinhais II, São Luís/MA

Denner Guilhon, dennerguilhon@cct.uema.br

Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI – Caixa Postal 09 – São Luís/MA

RESUMO: Por possuir um campo magnético extremamente forte, resultante da combinação de Neodímio, Ferro e Boro, o ímã de Neodímio tem se tornado o mais utilizado em projetos de robôs de sumô autônomos. Quando em contato com a estrutura do robô esse ímã produz uma grande quantidade de força normal resultante da interação entre as linhas de campo do ímã e a estrutura de aço da arena, diminuindo o risco de escorregamento de suas rodas. Assim, quanto mais pesado um robô, maior será a dificuldade para o oponente retirá-lo da arena. Esse artigo explana as propriedades dos ímãs de Nd-Fe-Br, bem como analisa a influência dessas particularidades na relação indução/peso. Além da análise comparativa, a pesquisa realiza análises de posicionamento, geometria e polarização dos ímãs em questão, baseadas em resultados numéricos do software Inventor e K&J Magnet Calculator, visto que esses fatores influenciam na geração do produto energético dos mesmos. Assim, além de trabalhar com o que se acredita ser um assunto de grande interesse para as equipes de robôs de sumô, esse estudo incentiva a competitividade das mesmas, fator essencial para a competição.

PALAVRAS-CHAVE: neodímio, indução, peso

ABSTRACT: Since it possess an extremely strong magnetic field, resulting from the combination of Neodymium, Iron and Boron, Neodymium Magnet has become the most used in designing autonomous sumo robots. When it is mounted under the structure of this robot, the magnet produces a large amount of normal force resulting from the interaction between its field lines and the steel frame of the arena, reducing the risk of slipping its wheels. Thus, the heavier a robot, the greater the difficulty for the opponent to remove it from the arena. This article explains the properties of Nd-Fe-Br magnets and analyzes the influence of these characteristics in the relation induction/weight. Additionally to a comparative analysis, this research analyzes the positioning, geometry and polarization of the magnets under study, based on numerical results obtained using Inventor and K & J Magnets Calculator software, given that these factors influence in their energetic product generation. Furthermore, more than just working with what we believe is a subject of great interest for sumo robot's teams, this study encourages their competitiveness, an essential factor for the competition.

KEYWORDS: neodymium, induction, weight

INTRODUÇÃO

Na área da engenharia, a palavra “robô” tem se tornado alvo de intensos estudos. Para fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de robôs são realizados diversos campeonatos reconhecidos mundialmente em que os estudantes são instigados a produzir um competidor inteligente. A idealização do robô desse projeto se refere a um do tipo autônomo, ou seja, capaz de realizar comandos sem interferência humana e apto a competir na categoria “sumô autônomo 3kg”, cujas regras se definem em construir um robô autônomo de peso máximo 3kg, largura e comprimento de 20cm e altura livre. O robô foi projetado seguindo uma mecânica que permita a sua movimentação livre, sensoriamento reativo e eletrônica eficiente capaz de permitir a comunicação de todos os dispositivos do robô.

O sumô de robôs consiste na retirada inteligente do oponente da arena. Assim, é indispensável um motor que possua nível de torque alto e com força suficiente

para girar as rodas e vencer o adversário. Aliado a esse critério, um importante artifício tem se tornado difundido em competições de sumô: a utilização de ímãs de neodímio na estrutura base do robô com o propósito de aumentar a sua força normal e, conseqüentemente, dificultar a sua retirada da arena de aço A32 ASTM coberta com poliuretano. Análises numéricas por meio de softwares foram realizadas através de sucessivas iterações comprovando que a proximidade de um material magnético com o aço da arena influencia diretamente nas habilidades mecânicas do robô.

METODOLOGIA

Ímãs de neodímio podem ser magnetizados axialmente e diametralmente. A possibilidade de duas magnetizações simultâneas só poderia ser visualizada em ímãs com formato em anel. Essa alternativa influenciou na escolha dos ímãs nesse formato. Assim, ao ser fixado na estrutura do robô, além de interagir de

forma axial com o aço da arena, seria possível visualizar a interação entre as linhas de campo de dois ímãs dispostos lado a lado. Para a visualização das linhas de campo de cada ímã e a identificação de seus polos, testes com limalha de ferro foram realizados. O ferro é um material ferromagnético e, portanto seus dipolos magnéticos se alinham na presença de um ímã (campo magnético externo). Neste caso, a limalha passa a se comportar como um ímã natural, enquanto estiver na presença de um campo. Como a limalha de ferro tem pouca massa, esta não apenas alinha seus dipolos magnéticos como também se ajusta na direção do campo externo, "desenhando" assim sua distribuição e direção em torno do ímã. É interessante que se faça o mapeamento de campo magnético de ímãs com formatos diferentes, para que se possa entender que a distribuição espacial do campo magnético depende entre outras coisas do formato do ímã.

Tabela 1. Tabela de propriedades magnéticas

Material	Br(Gauss)	Hcmax(Oersted)	BHmax(MGOe)
NdFeBo	14.600	12.300	26-51
SmCo	10.500	9.200	26-0.04
AlNiCo	12.500	1.500	5.5-0.02
Cerâmico	3.900	3.900	1.0-4.4

Visto que o potencial magnético do ímã influencia diretamente no seu produto energético, o software escolhido para os cálculos foi o *K&J Magnet Calculator* devido à natureza computacional da análise. Trata-se de uma ferramenta bastante conhecida no ramo magnético. Seus resultados são baseados em extensivos testes de produto, que através de parâmetros geométricos é capaz de prever a tração sofrida por cada ímã, ou seja, a força capaz de puxá-lo de imediato a partir de um plano ferromagnético, e a intensidade da superfície de campo para pontos ao longo do eixo, assumindo um único ímã no espaço livre.

Ímãs não são materiais usináveis: o modo incorreto de fixação ou perfuração pode oxidá-lo e afetar o seu campo magnético. A melhor forma de fixá-lo na estrutura do robô é utilizando uma cola especial denominada araldite profissional: Essa cola é produzida à base de resina epóxi, fator que justifica o seu alto poder de fixação, evitando reação química no ímã.

A carenagem do robô, idealizada contendo o alumínio 6061, e os esforços sofridos pela mesma foram idealizados utilizando o software Inventor, empregado no ramo da Engenharia Mecânica para realizar simulações de produto e projetos mecânicos 3D.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil de ímã proposto foi baseado em pesquisas relacionadas às propriedades magnéticas dos ímãs mais conhecidos comercialmente. Cada ímã possui características especiais que foram analisadas de acordo com a necessidade do potencial indutivo. Para a inclusão do ímã de neodímio nesse projeto, foi

necessário o uso de uma tabela comparativa entre o material de cada ímã e suas propriedades magnéticas.

Tabela 2. Estudo da viabilidade magnética

Material	Viabilidade
Neodímio	Campo magnético extremamente forte, porém pouco resistente a altas temperaturas. Vale ressaltar que é o mais utilizado nas competições e o mais moderno. Possui as melhores propriedades e a melhor relação indução/peso.
Samário-Cobalto	Apesar das excelentes propriedades magnéticas e resistência à temperatura (até 250°C), o alto custo pode limitar suas aplicações.
Alnico	Campo magnético forte e menor que os ímãs de neodímio. Resistente a altas temperaturas. Sua Tcurie(temperatura em que um ímã perde todo o seu magnetismo) é extremamente alta. Porém, a força de desmagnetização (Hcmax), medida em Oersted, possui valores baixos.
Cerâmico/ferrite	São os que possuem menor custo e força magnética. Para alcançar a força magnética de um ímã de neodímio é necessário 18 vezes o volume do ímã de cerâmica.

Atentando-se a essas particularidades, um estudo de viabilidade se fez necessário. Em termos comparativos, o resultado dessa análise pode ser visualizado abaixo. Pela leitura dos dados, é possível perceber que os ímãs de neodímio são os que apresentam maior intensidade, porém baixa resistência a altas temperaturas. Em competições de sumô, nenhum material externo poderia danificar a estrutura do ímã, já que os circuitos de cada robô são isolados para evitar que haja dispersão de calor por sua estrutura. Assim, o ímã de neodímio apresentou-se como melhor material que satisfaz a relação indução/peso. A denominação destes ímãs é dada por N**, em que ** representa a densidade energética medida em MGOe. Tomando uso do software *K&J Magnet Calculator* é possível visualizar na Figura 1 o campo magnético de um ímã da categoria N42, cujas dimensões são:

Diâmetro externo: 40mm
Diâmetro interno: 6mm
Espessura: 10mm

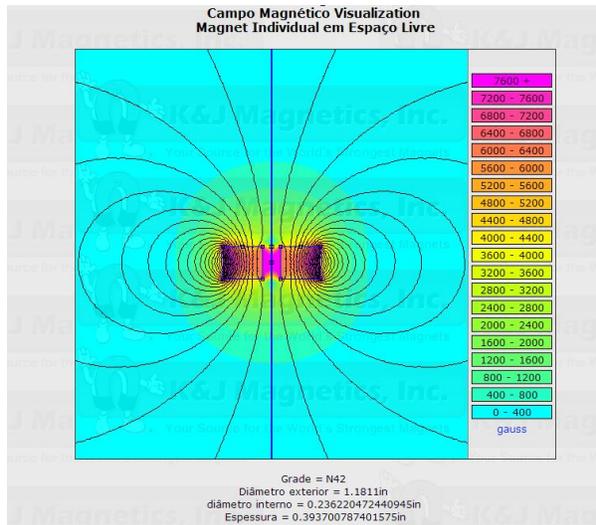


Figura 1. Visualização da intensidade do campo magnético

A escolha dessas dimensões foi baseada em diversas iterações geométricas tomando como fonte um único ímã no espaço. Considerando que o campo magnético diminui à medida que a distância entre a superfície do ímã e a arena aumenta, é necessário que se obtenha um campo magnético uniforme. Observando os resultados da Figura 1, o modelo de ímã proposto possui a melhor relação distância/campo magnético, onde desenvolveu uma intensidade de campo uniforme relativamente suficientes, variando de 5200 a 3600 Gauss; Quanto à tração exercida por cada ímã, a calculadora possui um artifício denominado “The Pull Force”, que se utiliza de um medidor de tração para medir o comportamento do ímã e, conseqüentemente, a força magnética do mesmo. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 2; estes relacionam as condições geométricas anteriormente apresentadas, considerando o ímã a uma distância de 0 mm do material ferromagnético, e a tração sofrida por esse material em lb.

Realizando a conversão para a grandeza da força normal, verifica-se que 46,18lb correspondem a 20,94kgf. Dessa forma, dispondo de 2 ímãs em cada lateral do robô e 2 na região central, verifica-se um potencial indutivo satisfatório, representando um aumento de 40 vezes o peso do robô, tornando-o extremamente competitivo. A estrutura do robô e os esforços sofridos pela estrutura segundo essa disposição são mostrados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. A barra com esquema de cores revela que a deformação aparente da estrutura obteve um valor máximo de 0,2658mm. Em análises práticas esse valor revelou-se satisfatório, considerando essa taxa de

deformação dentro do limite aceitável para o alumínio 6061.

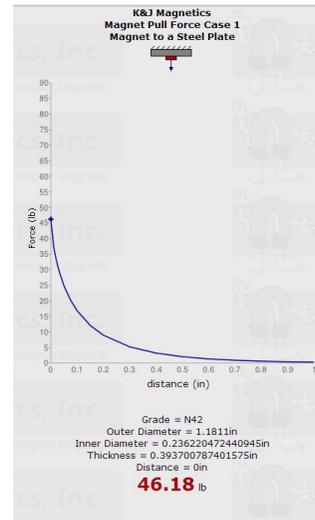


Figura 2. Gráfico “The pull force”

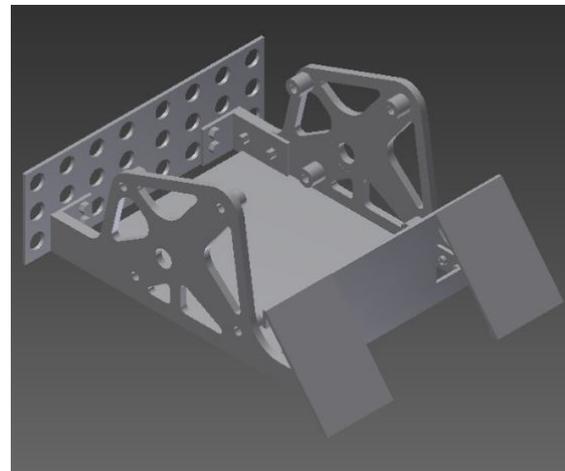


Figura 3. Projeto da carenagem do robô

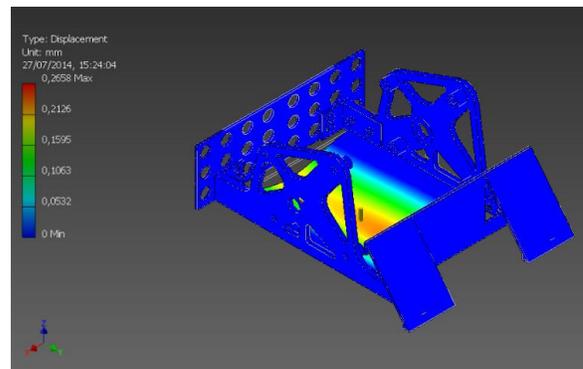


Figura 4. Simulação da taxa de deformação da chapa de alumínio

CONCLUSÃO

Através da análise dos dados coletados, o perfil de ímã proposto demonstrou possuir características magnéticas que, aliadas a elementos mecânicos, apresentou resultados dentro do modelo esperado. Entende-se que a análise numérica do potencial indutivo de ímãs de neodímio é apenas o plano inicial para resultados mais práticos. Fez-se necessário o uso de ferramentas computacionais capazes de levantar resultados considerando os principais dados a serem analisados. O fato de o perfil adotado oferecer a melhor relação indução/peso e um campo magnético uniforme ao longo do espaço livre torna esse estudo uma importante ferramenta para as equipes competidoras na categoria “sumo de robôs”.

AGRADECIMENTO

Os autores dedicam esse trabalho à equipe do Núcleo de Automação e Controle (NAuCo,) localizado na Universidade Estadual do Maranhão, com a qual teve a oportunidade de desenvolver as pesquisas relacionadas a esse estudo.

REFERÊNCIAS

- K&J Magnet Calculator, Inc. Steel Thickness Calculator. Acessado em: 22/07/2014. Disponível em:
<<http://www.kjmagnetics.com/blog.asp?p=steel-thickness-calculator>>.
- R. N. Faria, L. F. C. P. Lima. Introdução ao Magnetismo dos Materiais. 1.ed. São Paulo : Editora Livraria da Física, 2008.
- Walker, Jearl. Campos magnéticos: Linhas de campo magnético. In: Jearl Walker. Eletromagnetismo. Rio de Janeiro: LTC, 2009. p. 201-232.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho intitulado “Análise numérica da influência de ímãs de neodímio na relação indução/peso em estruturas de robôs de sumô”.