

Estudo da auditoria ecológica de um redutor de velocidades

Arthur Ducati Vazquez¹, Júlio César Dutra²

¹ Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

² Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI

arthurvazquez@gmail.com¹ e jdutra@fei.edu.br²

Resumo: O presente trabalho investiga a quantidade de energia consumida na seleção dos materiais empregados em uma caixa redutora de velocidade. O sistema mecânico foi concebido com materiais usados comumente e analisada por meio do software CES Edupack[®] [1]. Constatou-se que a quantidade de energia consumida nesse sistema é maior no seu uso, fazendo com que a seleção de materiais deva-se dedicar a materiais que visem reduzir o atrito dos componentes móveis.

1. Introdução

De modo geral, a pesquisa e o desenvolvimento de novos materiais ou eventual substituição por outros materiais devem promover uma redução no custo total, maior facilidade de fabricação, redução nos riscos de negócios como a manufatura em outro país e principalmente o impacto ambiental.

Recentemente o caso dos canudos de plástico tomou conta dos noticiários [2] visto seu significativo impacto ambiental. Em diferentes países tem-se buscado substituí-los por canudos em outros materiais, que possuíssem menor impacto ambiental, tornando necessário quantificar a energia agregada de cada material.

Situações com esta revelam que os engenheiros são requeridos para desenvolvimento de projetos cuja escolha de materiais implica diretamente ou indiretamente na qualidade de vida da sociedade e do meio ambiente. Por essa razão, ferramentas quantificadoras de energia como Eco Audit[®] podem auxiliar na escolha de materiais para concepção dos projetos, motivando a redução no consumo de energia, de modo geral.

2. Metodologia

Para o início do estudo buscou-se um sistema que apresenta-se um funcionamento puramente mecânico, com valor comercial representativo na economia de São Bernardo do Campo. O sistema escolhido foi a caixa redutora de velocidades, porém sucedendo em ademas ramificações. Em entrevista com empresas fabricantes deste sistema mecânico a caixa redutora de velocidades de sem-fim e coroa apresentava maior demanda, tornando-se objeto de estudo para a auditoria na ferramenta Eco Audit[®].

O sistema mecânico foi projetado desde o seu início utilizando os conceitos e metodologia apresentados em diversas disciplinas do curso de engenharia mecânica do Centro Universitário FEI [3]. Nele, elementos como eixos, chavetas, parafusos, rolamentos e rodas dentadas foram idealizados e dimensionados, seguindo o critério de seleção de materiais comumente utilizados no âmbito

industrial, seja por influência histórica, livro-texto [4], auditoria ou disponibilidade do fornecedor.

Realizados os cálculos dos elementos mecânicos, tornou-se necessário desenhá-los a fim de estimar o volume de cada peça do sistema mecânico. Para isso, fez-se uso da ferramenta NX PLM[®]: os elementos foram concebidos, como ilustra a Figura 1 e em seguida obtidos os volumes. A massa do material foi determinada após a seleção do material.

A principal ferramenta utilizada foi o programa de seleção de materiais CES Edupack[®], cujo recurso Eco Audit[®] é capaz de mensurar a quantidade de energia envolvida na escolha do material dos elementos mecânicos, além dos processos envolvidos e outros itens relacionados ao transporte e uso do sistema. O seu uso já foi investigado por Ramos e Dutra [5].

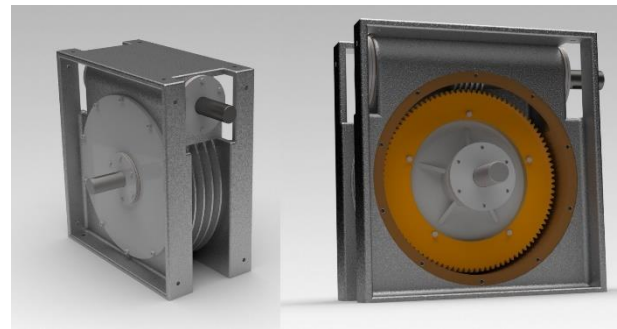


Figura 1 – Desenho da caixa redutora de velocidades no programa NX PLM[®], imagem sem escala.

Para gerar o relatório do sistema, o recurso Eco Audit[®] necessita de três tipos de entradas de informação. A primeira diz respeito ao material, sua manufatura e fim de vida, a porcentagem do material removido na manufatura, o modo de descarte e o acabamento de cada elemento.

A segunda entrada de informações diz respeito ao transporte: adotou-se o uso de caminhões de até 14 toneladas para transporte a uma distância de distribuição máxima de 500 km ao redor do fabricante, adotando como localização a própria instituição.

Por fim, a terceira entrada refere-se à utilização do sistema mecânico completo: estimou-se uma energia de alimentação necessária para a caixa redutora de 3,9 kW com uma utilização de 4 horas diárias durante 270 dias no ano e vida útil de 3 anos.

Após a primeira auditoria ecológica, proporcionada pelo recurso Eco Audit[®], obtém-se um parâmetro para que um segundo projeto seja capaz de reduzir o impacto ecológico dos materiais empregados neste sistema.

Eixos, rodas dentadas, tampas de inspeção, carcaça e porta rolamentos foram avaliados de acordo com a metodologia de seleção de materiais por Ashby [2], estudando o índice de material e relacionando as

propriedades, buscando a diminuição da energia agregada e a pegada de dióxido de carbono.

Decorrente da nova seleção de materiais torna-se necessário o dimensionamento dos elementos cujo material influencia a forma, dentre eles a coroa e as tampas de inspeção. Todos os volumes e informações são obtidos de acordo com as novas geometrias e inserir as informações necessárias para a segunda auditoria ecológica pelo Eco Audit®.

3. Resultados e discussão

Estabelecidas as características do sistema mecânico completo, a ferramenta Eco Audit® forneceu dois relatórios contendo a energia e a pegada de dióxido de carbono associadas à seleção do material, manufatura, transporte, utilização e descarte. A Tabela 1 apresenta os valores fornecidos para a primeira e segunda auditorias. Pode-se observar que os valores referentes à utilização não foram adicionados ao gráfico, pois a diferença entre os relatórios na utilização é nula. Isto é ocasionado pela falta de publicações na esfera da tribologia que permita o cálculo da redução do atrito pela troca de material para essas rodas dentadas.

O relatório baseia-se no uso de energia elétrica de origem hidráulica que corresponde a 60,77% da geração de eletricidade no país [6].

A Figura 2 ilustra a comparação entre o consumo de energia na seleção de materiais por tradição ou recomendação pela seleção apresentada pela metodologia Ashby [2].

Tabela 1 – Dados dos relatórios Eco Audit® para a caixa redutora de velocidade

| | Energia [MJ] | |
|------------|--------------------|--------------------|
| | Primeira auditoria | Segunda auditoria |
| Material | $9,33 \times 10^3$ | $4,39 \times 10^3$ |
| Manufatura | $2,43 \times 10^3$ | $2,2 \times 10^3$ |
| Transporte | 109 | 89,5 |
| Utilização | $6,33 \times 10^4$ | $6,33 \times 10^4$ |
| Descarte | 31,3 | 25,6 |
| Total | $7,52 \times 10^4$ | $6,71 \times 10^4$ |

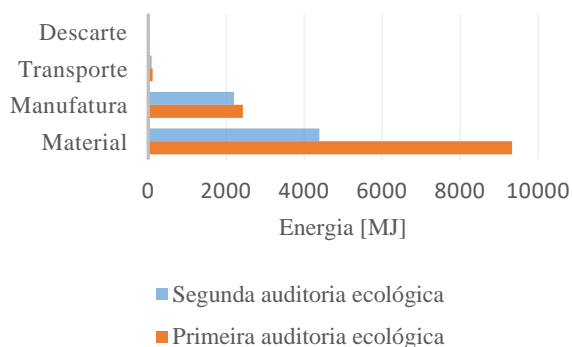


Figura 2 – Comparação de relatórios Eco Audit® analisando a energia agregada na produção da caixa redutora de velocidades

Os relatórios evidenciam uma redução na energia agregada devido a seleção de materiais pela metodologia Ashby [4].

4. Conclusões

O presente trabalho permite depreender que:

A que a seleção tradicional de materiais acarreta no desconhecimento qualitativo do impacto ecológico gerado pelo sistema mecânico;

Os programas de seleção de materiais como o CES Edupack® permitem uma análise qualitativa das propriedades que são pertinentes de acordo com os requisitos de projeto, tornando seu uso crucial no desenvolvimento educacional de alunos;

Embora a principal vertente de consumo de energia fosse na utilização e o enfoque para reduzi-la fosse a redução do atrito, não há estudo que relacione o atrito com o material para a geometria de contato do sem-fim entre coroa, inviabilizando a redução por este meio;

A nova escolha de materiais possibilitou uma redução na energia agregada e consequentemente na pegada de carbono. A redução na energia pode ser considerada relativamente baixa, porém este sistema mecânico fora escolhido devido sua alta demanda, assim a energia agregada do material, manufatura, utilização e descarte é diretamente proporcional à quantidade de sistemas fabricados;

O presente trabalho busca apresentar a metodologia apresentada por Ramos e Dutra [5] em um sistema mecânico de alta demanda.

5. Referências

- [1] GRANTA DESIGN. **Eco Audit Tool**. Disponível em: < <https://www.grantadesign.com/products/ecoaudit/> >. Acesso em 31 jan. 2017.
- [2] BORESTEIN, Seth. **Science Says: Amount of straws, plastic pollution is huge**. 2018. Disponível em: < <https://phys.org/news/2018-04-science-amount-straws-plastic-pollution.html> >. Acesso em 3 set. 2018.
- [3] ASHBY, Michael F.. **Materiais e o ambiente**. In: ASHBY, Michael F. [tradução de Arlete Simille]. **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- [4] JÚNIOR, Alberto Vieira. **Engrenagens**. São Paulo, 2016.
- [5] JÚNIOR, Alberto Vieira; BARROS, Renato M. **Elementos de máquinas**. São Paulo, 2016.
- [6] RAMOS, F.M; DUTRA, J.C. VI Simpósio da FEI. 15 out. 2016.
- [7] ANEEL. **Banco de informações de geração: Capacidade de geração do Brasil**. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm> >. Acesso em: 27 ago. 2018.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI, pelo financiamento do projeto de iniciação científica PBIC 02/17 e bolsa de estudos, além do departamento de CGI da instituição.

¹ Aluno de iniciação científica do Centro Universitário FEI, PBIC 012-17. Projeto com vigência de 02/17 a 02/18.

² Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Materiais do Centro Universitário FEI.