

ANÁLISE ESTRUTURAL DO EIXO TRASEIRO DE TRATOR ELÉTRICO VIA SOFTWARE ANSYS

JENYFFER DA S. G. SANTOS¹, BRUNO J. R. FERNANDES², ANGEL P. GARCIA³,
JOÃOZINHO SGUAREZI FILHO⁴, DANIEL ALBIERO⁵

¹Doutoranda em Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, jnfgomes@gmail.com.

²Graduando em Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP.

³Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP.

⁴Prof. Doutor, Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, UFABC, Santo André-SP.

⁵Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Os eixos do trator desempenham um papel de extrema importância nas operações agrícolas em campo, sendo fundamentais para a transmissão de potência do motor do trator para as rodas ou implementos agrícolas. Este estudo tem como objetivo a análise estrutural do eixo traseiro de um trator elétrico projetado para atender às necessidades da agricultura familiar. O artigo aborda a seleção de materiais adequados, considerando critérios como dureza, plasticidade e custo-benefício. Por meio do método dos elementos finitos no software Ansys, foram realizadas análises estáticas para avaliar a tensão e deformação experimentadas pelo eixo traseiro, a fim de analisar se o material selecionado é adequado para suportar as demandas operacionais no campo. Observa-se com base nas análises conduzidas que o eixo traseiro do trator demonstra conformidade com os critérios estabelecidos, exibindo resistência adequada às tensões e deslocamentos impostos durante as operações.

PALAVRAS-CHAVE: avaliação estrutural, sustentação de carga, agricultura familiar

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE ELECTRIC TRACTOR AXLE WITH ANSYS

ABSTRACT: The tractor's axles have an extremely important role in field agricultural operations, being essential for transmitting power from the tractor's engine to its wheels or agricultural implements. This study focuses on the structural analysis of the rear axle of an electric tractor designed to meet the needs of small-scale farming. The article addresses the selection of suitable materials, considering criteria such as hardness, plasticity, and cost-effectiveness. Through the finite element method in the Ansys software, static analyses were conducted to assess the stress and deformation experienced by the rear axle, in order to determine whether the selected material is suitable for withstanding the operational demands in the field. Based on the conducted analyses, it was possible to observe that the tractor's rear axle complies with the established criteria, displaying adequate resistance to the stresses and displacements imposed during operations.

KEYWORDS: structural evaluation, load bearing, family farming

INTRODUÇÃO: A mecanização agrícola, que desempenha um papel fundamental na sustentabilidade alimentar global (CASTRO et al., 2021), abre horizontes repletos de oportunidades na busca por métodos de produção mais eficientes e ecologicamente

responsáveis. Nesse contexto, os eixos dos tratores surgem como elementos-chave, proporcionando um vasto campo de oportunidades para melhorias. Os tratores, em sua função central de transmissão de potência e funcionalidade dos implementos agrícolas, representam um terreno fértil para a inovação (KMIĘCIK et al., 2023). As oportunidades para aprimorar esses componentes são especialmente significativas quando considera os desafios enfrentados pela agricultura familiar, que frequentemente busca equipamentos adaptados às suas necessidades específicas. Assim, a necessidade de inovação e otimização dos eixos dos tratores não apenas atende a uma demanda crucial da agricultura moderna, mas também oferece um caminho promissor para atingir níveis superiores de eficiência e responsabilidade ambiental. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise estrutural do eixo traseiro de um trator elétrico projetado para atender às necessidades da agricultura familiar.

MATERIAL E MÉTODOS: Os eixos do trator foram projetados utilizando aço carbono 1020. Inicialmente, optou-se por este tipo de material devido à sua vantajosa relação custo-benefício, sua notável plasticidade e capacidade de soldagem. Adicionalmente, demonstra uma maior habilidade para absorver impactos sem comprometer significativamente sua dureza, quando comparado a outras variedades de aço (RODRIGUES et al., 2014). Na Tabela 1, encontram-se as principais propriedades mecânicas do aço 1020:

TABELA 1. Principais propriedades mecânicas do aço 1020.

Modulo de elasticidade	205 GPa
Coefficiente de Possin	0,29
Alongamento até a ruptura	15%
Tensão de escoamento	210 MPa
Tensão de ruptura	350 MPa

A fim de conduzir a análise estrutural da peça, empregou-se o método dos elementos finitos (MEF) com o auxílio do software Ansys. Essa abordagem metodológica envolve a decomposição da geometria global em elementos de menor complexidade, os quais constituem uma malha de elementos finitos. Esses elementos são interconectados por pontos denominados nós, conforme descrito por Soriano (2003). A modelagem da estrutura é construída integralmente com base nos nós formados a partir das subdivisões do sistema, como explicado por Barroso et al. (2015). A partir da análise de elementos finitos, foram realizadas as seguintes atividades:

- **Etapa de Pré-processamento:** Inclui a preparação da geometria, sua discretização por meio da criação de malhas, a especificação dos materiais selecionados e a definição das condições de contorno.
- **Etapa de Processamento:** Envolve a realização de cálculos numéricos utilizando o software CAE.
- **Etapa de Pós-processamento:** Compreende a análise dos resultados obtidos a partir das simulações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nesta etapa do projeto, foi realizada uma análise estrutural detalhada do eixo do trator elétrico utilizando o software Ansys. O principal objetivo foi avaliar a capacidade do eixo em suportar a força de tração necessária durante a operação. Além disso, foi realizado o cálculo do torque no eixo da roda. Com base nesses resultados verificou-se que o motor do trator possui um torque de 120 Nm e a relação de transmissão da roda é de 1:10. Com essas informações em mãos, o cálculo foi realizado e revelou que o torque no eixo da roda é de 1200 Nm.

Esses dados são de extrema importância para o projeto, pois permitem uma compreensão mais precisa da capacidade de tração do trator elétrico e auxiliam na seleção adequada dos componentes do sistema de transmissão. Essa análise proporciona uma base sólida para tomada de decisões embasadas no projeto estrutural do eixo, garantindo que o trator possa lidar com eficiência a força de tração necessária em diversas condições operacionais. Ao considerar essas informações, pode-se realizar ajustes e melhorias no projeto do eixo, se necessário, a fim de garantir a integridade estrutural e o desempenho confiável do trator elétrico. Essa análise estrutural detalhada e o cálculo do torque no eixo da roda são passos fundamentais para o sucesso do projeto e a garantia de um trator elétrico robusto e eficiente.

Os eixos do trator são formados de aço carbono, visto que o mesmo possui uma excelente resistência mecânica, o que o torna capaz de suportar as cargas e os esforços aplicados aos eixos dos tratores. Sendo este aço capaz de resistir a impactos, torções e cargas de trabalho intensas durante as operações agrícolas.

Com os dados indicados na Tabela 1 e os valores anteriores, realizou-se a análise estrutural no eixo, onde foram verificadas o torque aplicado nos mesmos. Realizada as devidas simulações no software de Métodos dos Elementos Finitos, obteve-se como todas as deformações do chassi (Figura 1). Sendo registrado um máximo de deformação de $4,95 \cdot 10^{-6}$ m para o torque exigido no eixo.

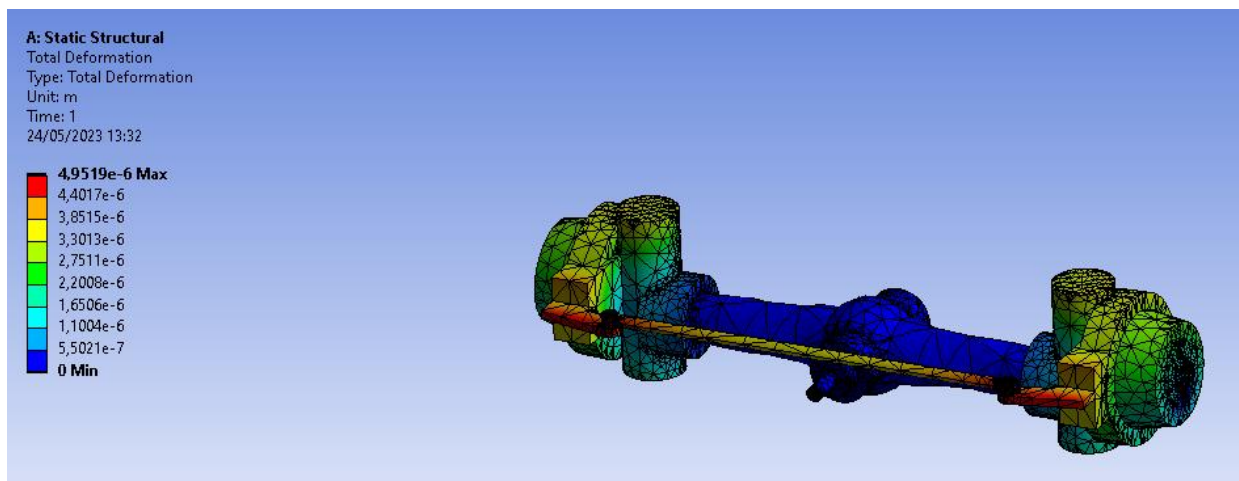


FIGURA 1. Deformação máxima total do eixo do trator em consideração ao torque produzido no mesmo.

A análise de Von Mises, analisa o estado plano de tensão do elemento e o compara com as tensões de escoamento do material, verifica-se os indícios de escoamento do material do eixo dos rodados do trator (aço carbono – tensão de escoamento 250 MPa), o que permitiu analisar a confiabilidade do projeto. A Figura 2 apresenta a tensão de Von Misses total da estrutura, dessa forma observa-se que a tensão máxima registrada foi de 4,65 Pa.

Analizando a Figura 2, observa-se que o comportamento obtido para o eixo, na aplicação do torque, atinge tensões relativamente baixas quando comparadas com a tensão de escoamento do material (250 MPa) o que representa para condições estáticas de funcionamento um alto coeficiente de segurança, identificando assim que a estrutura do mesmo apresenta rigidez satisfatória.

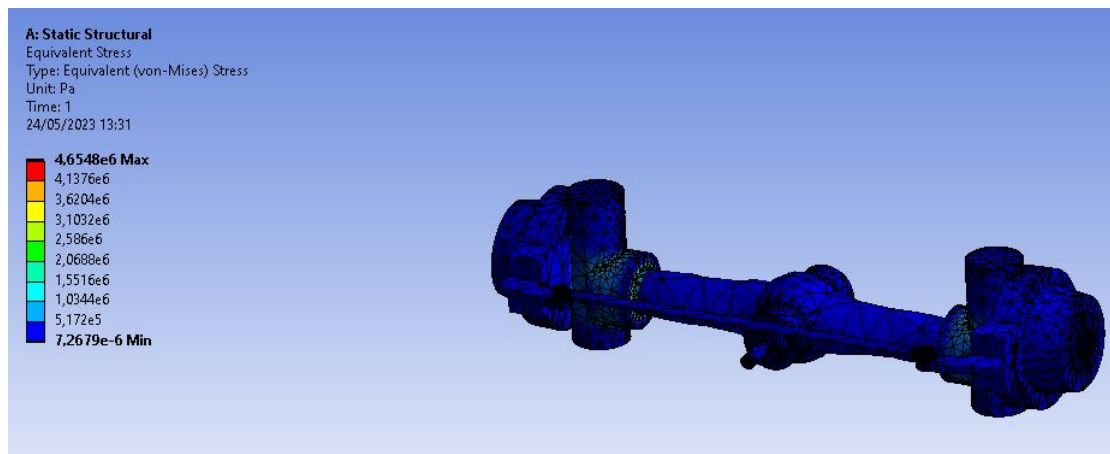


FIGURA 2. Análise de Von Mises levando em consideração o torque nos eixos.

CONCLUSÕES: Com base nas análises realizadas, conclui-se que o eixo traseiro do trator elétrico destinado à agricultura familiar demonstra robustez suficiente para suportar com segurança os esforços e condições operacionais típicos do campo. Por meio da avaliação detalhada das tensões e deslocamentos sob diferentes níveis de torque e rotação, verificou-se que o material selecionado e a concepção estrutural do eixo traseiro são capazes de resistir eficazmente às cargas e impactos inerentes às atividades agrícolas, assegurando assim seu desempenho confiável em campo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – Fundep Rota 2030/Linha V, processo: 27192.03.01/2020.13-00 pelo apoio financeiro oferecido.

REFERÊNCIAS:

- BARROSO, D. A.; BESSA, J. A.; BEZERRA, C. A. D.; MORAES, J. L. e ALEXANDRIA, A. R. Análise do balancim da suspensão do protótipo Fórmula SAE por método de elementos finitos. **Holos**, v. 5, p. 170-181, 2015.
- CASTRO, N. R.; GILIO, L.; MACHADO, G. C. Impactos da mecanização na produtividade agrícola agregada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo de 2007 a 2013. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.60, n.2, p.1-21, 2022.
- KMIECIK, L. L.; JASPER, S. P.; PASSOS, M. L.; STRAPASSON NETO, L.; ZIMMERMANN, G. G.; SAVI, D.; PARIZE, G. L. Desempenho do trator agrícola com diferentes distribuições de massa entre eixos. **Ciência Rural**, v.53, n.3, p.1-9, 2023.
- RODRIGUES, L. M.; SANTOS, C. H. R.; VELOSO, R. R.; LEMOS, M. V.; SANTOS, C.; CABRAL, R. F. Estudo da microestrutura e da microdureza dos aços 1020 e 1060. **Cadernos UniFOA**, Edição especial, p.39-44, 2014.
- SORIANO, H. L. **Método de Elementos Finitos em Análise de Estruturas**. EdUSP, v.48, 296 p., 2003.