

ENGENHARIA DE SUPERFÍCIES: A CONVERGÊNCIA ENTRE TRIBOLOGIA, FORÇAS MECÂNICAS E RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Marcelo Luiz de Almeida ¹
Julian Azevedo do Couto do Amaral ²
Igor Iuri do Vale Mota ³
Douglas de Medeiros Farias ⁴
Rita de Cássia Teixeira Assis Piccoli ⁵
Fabiano Pereira de Oliveira ⁶

ritaassis.univertix@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

PALAVRAS-CHAVE: Forças mecânicas; Tribologia; Resistência dos materiais.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia moderna enfrenta desafios cada vez mais complexos na busca por sistemas mais eficientes, duráveis e sustentáveis. Nesse contexto, a engenharia de superfícies emerge como um campo estratégico e multidisciplinar, que se apoia em alguns pilares fundamentais, aqui neste resumo, está sendo considerado: tribologia, forças mecânicas e resistência dos materiais, que é fundamentada pela *Shakedown Theory* (Stachowiak; Batchelor, 2014). A convergência entre essas áreas permite compreender e aprimorar o comportamento das superfícies em contato com uma segunda superfície, otimizando o desempenho de componentes deste sistema em diversas aplicações industriais e pavimentação. O controle do atrito e a minimização do desgaste não apenas reduzem perdas de energia por calor, mas também evitam falhas prematuras que podem comprometer a segurança e a funcionalidade de equipamentos (Olofsson *et al.*, 2013). No contexto da engenharia de superfícies, a escolha adequada dos materiais, considerando propriedades como dureza, tenacidade, módulo de elasticidade e limite de fadiga, é decisiva para garantir o desempenho desejado (Silva, 2021). Diante disso, o objetivo principal deste resumo é mostrar a importância multidisciplinar conjugada da tribologia, de forças mecânicas e resistência dos materiais, para o desenvolvimento de soluções tecnológicas que atendem às exigências de desempenho, segurança e sustentabilidade na engenharia de superfícies, a fim de contribuir para a redução de falhas.

2 METODOLOGIA

¹ Acadêmico do 2º Período de Engenharia Mecânica. Faculdade Vértix Trirriense - UNIVÉRTIX

² Acadêmico do 2º Período de Engenharia Mecânica. Faculdade Vértix Trirriense - UNIVÉRTIX

³ Acadêmico do 2º Período de Engenharia Mecânica. Faculdade Vértix Trirriense - UNIVÉRTIX

⁴ Acadêmico do 2º Período de Engenharia Civil. Faculdade Vértix Trirriense - UNIVÉRTIX

⁵ Doutoranda em Engenharia Civil pela UFJF. Docente da Faculdade Vértix Trirriense – UNIVÉRTIX.

⁶ Docente da Faculdade Vértix Trirriense – UNIVÉRTIX.

A metodologia adotada neste estudo é de natureza qualitativa, com ênfase na pesquisa bibliográfica e na análise reflexiva fundamentada na experiência profissional do autor. A escolha dessa abordagem se justifica pela necessidade de compreender, de forma interligada, os conceitos, teorias e práticas relacionadas ao tema em questão, bem como de contextualizar tais conhecimentos à luz da vivência prática acumulada ao longo dos anos de atuação na área. A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio da análise de livros, artigos científicos, teses e documentos institucionais disponíveis em bases de dados como Google Acadêmico, artigos de seminários, entre outras. Segundo Severino (2018), este tipo de pesquisa não envolve a coleta de novos dados ou a realização de experimentos, mas sim a consulta e análise crítica de fontes já publicadas. A revisão da literatura teve como objetivo identificar os principais referenciais teóricos, correntes de pensamento e estudos já realizados sobre o tema, permitindo assim uma fundamentação teórica sólida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tribologia pode ser definida como a ciência e tecnologia da interação de superfícies em movimento relativo. Essa ciência recente, tem como um de seus principais objetivos a análise de fenômenos relacionado ao atrito, lubrificação e desgaste de sistemas que operam com dois corpos em movimento relativo. Desse modo, permite compreender a interação entre as superfícies e propor soluções para problemas fundamentais (Santos, 2021). Essa disciplina é essencial para o entendimento de como as superfícies reagem ao contato contínuo, influenciando diretamente a eficiência energética e a vida útil de sistemas como motores, engrenagens, rolamentos, pneus e pavimentações. O estudo das forças mecânicas fornece o embasamento necessário para analisar como diferentes tipos de cargas — como tração, compressão, flexão e torção — afetam os materiais e estruturas (Martha, 2022). Essas forças determinam como as superfícies interagem sob condições operacionais reais, influenciando a distribuição de tensões e deformações. A forma como as superfícies absorvem e transmitem essas cargas impacta diretamente sua integridade estrutural, sendo um fator crítico na concepção de interfaces duráveis e resistentes ao desgaste. Força é o agente da dinâmica responsável por alterar o estado de repouso ou movimento de um corpo (1ª Lei de Newton). Quando se aplica uma força sobre um corpo, esse pode desenvolver uma aceleração, como estabelecem as leis de Newton. Existem diferentes tipos de força na natureza, tais como a força gravitacional, força elétrica, força magnética, força nuclear, força de atrito, força de empuxo etc. Complementando essa tríplice análise, a resistência dos materiais trata da capacidade dos corpos em suportar essas forças sem falhar. Ela permite prever o comportamento dos materiais frente a tensões mecânicas, deformações plásticas e fraturas (Beer; Johnston, 1989). Por fim, os resultados reforçam que abordagens isoladas de cada área são limitadas frente à complexidade das interações reais entre superfícies em serviço. A engenharia de superfícies, portanto, consolida-se como uma ferramenta essencial para o projeto e otimização de sistemas mecânicos/pavimentação avançados, promovendo maior confiabilidade e desempenho dos materiais em condições extremas de operação. Em suma, a engenharia de superfícies representa um ponto de encontro entre a ciência dos materiais e a mecânica aplicada, possibilitando inovações tecnológicas que atendem às exigências de desempenho, segurança e sustentabilidade. Ao unir estes conhecimentos, abre-se um campo fértil para a concepção de soluções avançadas,

que moldam o futuro da engenharia em setores como, pavimentações, ferrovias, automotivo, aeroespacial, biomédico e de energia. A importância da engenharia de superfície reside na sua capacidade de estender a vida útil de componentes, reduzir custos de manutenção e melhorar a eficiência de sistemas (Kügler *et al.*, 2020). Por exemplo, a aplicação de revestimentos especiais pode reduzir drasticamente o desgaste de peças sujeitas a fricção constante, como engrenagens e rolamentos, aumentando sua durabilidade e desempenho. Além disso, a engenharia de superfície está fortemente conectada às demandas contemporâneas de sustentabilidade. O uso de revestimentos ecológicos, a redução de lubrificantes e o aumento da eficiência energética são metas que só podem ser atingidas com o desenvolvimento de superfícies otimizadas. Assim, essa engenharia contribui diretamente para a economia circular e para práticas industriais mais verdes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sinergia entre tribologia, forças mecânicas e resistência dos materiais permite compreender e controlar fenômenos complexos que ocorrem nas interfaces de contato, possibilitando o desenvolvimento de superfícies mais resistentes, duráveis e eficientes. Ao integrar conhecimentos dessas áreas, é possível não apenas melhorar propriedades específicas, como dureza ou resistência ao desgaste, mas também promover ganhos sistêmicos, como aumento da vida útil dos componentes, redução de falhas por fadiga e economia de energia por meio da redução do atrito.

REFERÊNCIAS

- BEER, F. P., JOHNSTON, E. R. **Resistência dos materiais**. São Paulo: McGraw-Hill. 1989.
- KÜGLER, P. *et al.* tribAIIn—Towards an Explicit Specification of Shared Tribological Understanding. **Applied Sciences**, v. 10, n. 13, p. 4421, 27 jun. 2020.
- MARTHA, L. F. **Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2022. Ebook. ISBN 9788521638216. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788521638216>.
- OLOFSSON, U. *et al.* Tribology of the wheel–rail contact – aspects of wear, particle emission and adhesion. **Vehicle System Dynamics**, v. 51, n. 7, p. 1091–1120, jul. 2013.
- SANTOS, M. A. **Influência do controle de temperatura em ensaios de deslizamento lubrificado de superfícies conformes**. Uberlândia, MG. 2021.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2018.
- SILVA, S. C. **Estudo sobre a integridade superficial de revestimentos de aço baixa liga MnSi depositados sobre aço ABNT 1015**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 2021.

STACHOWIAK, G. W., BATCHELOR, A. W. **Engineering tribology, fourth edition [electronic resource]**. Butterworth-Heinemann. ISBN: 978-0-12-397047-3. 2014.