Sistema de Mola e Amortecedor para Moto gerador suspenso em uma Máquina Agrícola

Palavras-Chave: Suspensão, Adams Car, Maquinário Agrícola, moto-gerador.

Autores:

Guilherme Barbo Fittipaldi, FEAGRI – UNICAMP

Prof. Dr. Daniel Albiero (orientador), FEAGRI - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O uso de moto geradores em máquinas agrícolas tem se tornado essencial para fornecer energia constante a motores elétricos em ambiente rural. No entanto, a instalação desses componentes em uma plataforma suspensa apresenta desafios estruturais, principalmente devido às vibrações e impactos causados pela movimentação no solo. Para garantir a estabilidade e a integridade do sistema, é necessário um adequado dimensionamento da suspensão.

O projeto prevê a análise do drive-cycle de uma máquina agrícola para obter dados dinâmicos a serem utilizados na simulação do sistema no software Adams Car®. A partir dessas simulações, serão determinadas as constantes da mola e do amortecedor, possibilitando a modelagem ideal para reduzir impactos e garantir a estabilidade da unidade de potência.

METODOLOGIA:

O projeto do amortecedor e da mola seguirá os métodos de Elementos de Máquinas. O dimensionamento será constituído de algumas etapas.

- Análise Dinâmica

Para que sejam conduzidos ensaios realistas em software, será conduzida uma pesquisa sobre drive-cycle para determinar frequências de vibração em máquinas que operam em campo.

- Montagem do Modelo em Software

Após o levantamento de informações sobre vibrações de máquinas que operam em campo, o sistema mecânico já modelado em 3D no software Inventor® será importado para o software Adam's Car® onde serão configurados pares cinemáticos de montagem, a fim de simular o comportamento cinemático e dinâmico.

- Dimensionamento

O software será usado para simular uma bancada de suspenção veicular, onde por meio de ensaios, usando os parâmetros do tópico "Análise Dimensional", será possível encontrar a Constante de Mola (K), assim como a constante de amortecimento (C). Com essas características será possível o

dimensionamento da mola e do amortecedor para que a plataforma em balanço atenda às seguintes necessidades: Sustentação de um moto gerador de 1200kg, estabilização do mesmo durante as operações da máquina e para que não ocorram danos a estrutura.

- Otimização

Com os primeiros resultados obtidos, será possível a otimização do sistema, onde serão conduzidos testes virtuais frequentes até que se tenham resultados satisfatórios de um modelo final.

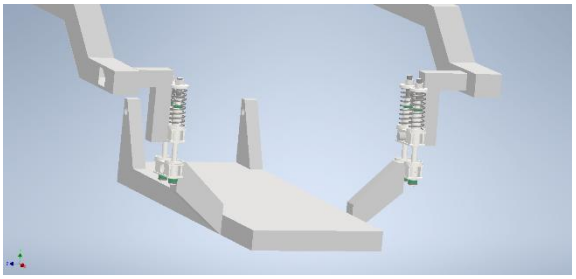
RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Inicialmente, buscou-se importar o modelo completo do maquinário agrícola, desenvolvido no Autodesk Inventor®, para o software de simulação Adams Car®. O objetivo era preservar a fidelidade do sistema físico real, possibilitando uma simulação mais precisa. No entanto, a tentativa de importação revelou diversas limitações práticas. A versão Student Edition do Adams Car® impôs restrições rígidas quanto à quantidade de corpos no modelo, o que impossibilitou a importação da máquina completa.

```
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
ERROR:   You have exceeded the limitation of "20 Bodies" of the Student Edition of "aview".
Successfully imported 1426 entities into Adams.
```

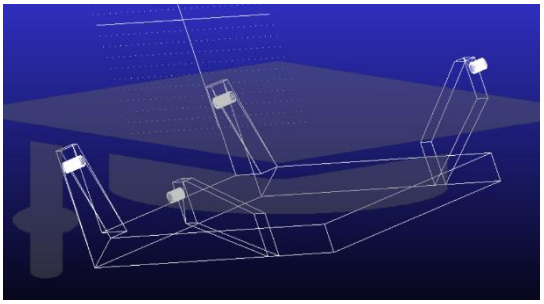
erro apresentado no software durante a importação

Diante desse obstáculo, optou-se pelo desenvolvimento de um modelo simplificado, reduzido a seus principais componentes estruturais e funcionais. Mesmo assim, o processo de importação se mostrou trabalhoso: o Adams Car® se revelou um software pouco intuitivo, com interface difícil de usar e fluxo de trabalho limitado, especialmente na versão estudantil. A separação manual entre partes móveis e estáticas exigiu atenção, assim como a configuração dos pares cinemáticos e das condições de contorno, que precisaram ser ajustadas iterativamente.



Modelo simplificado, desenvolvido no Autodesk Inventor®

Porém mesmo com as alterações o Adams Car® ainda apresentou problemas para a importação do conjunto mola amortecedor devido a sua complexidade.



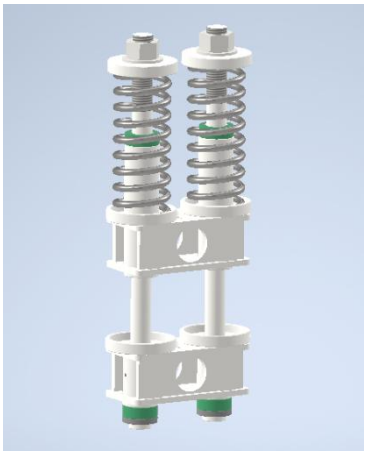
Modelo simplificado da bandeja, Adams Car®

Além da modelagem, foi realizada uma pesquisa para levantamento de dados de drive-cycle agrícola, visando caracterizar a dinâmica de operação das máquinas em campo (acelerações, frequências de vibração, trepidações, etc.). Nesse processo, foi consultado o trabalho de Ahmed et al. (2023), que apresenta uma análise de desempenho e controle de sistemas de suspensão de tratores agrícolas. Alguns gráficos presentes nesse estudo auxiliaram na compreensão preliminar dos parâmetros dinâmicos envolvidos, fornecendo uma base visual para a construção do raciocínio técnico. No entanto, os dados apresentados no artigo não foram suficientes para alimentar diretamente a

simulação, pois não estavam disponíveis em formato numérico detalhado ou com todas as condições específicas exigidas para o sistema em questão.

Essa ausência de dados inviabilizou, até o momento, a determinação precisa dos parâmetros dinâmicos necessários para a simulação (como perfis de carga e vibração). Por isso, será necessária uma segunda etapa do projeto, focada na coleta experimental de dados em campo. Essa nova fase incluirá medições com sensores embarcados e acompanhamento direto das operações com maquinário agrícola, possibilitando a definição de um drive-cycle mais fiel à realidade.

Também será considerada a mudança para outra plataforma de simulação, que ofereça maior flexibilidade e compatibilidade com modelos complexos, já que a versão atual do Adams Car® representa um gargalo técnico para o desenvolvimento do projeto.



Sistema mola-amortecedor

CONCLUSÕES:

O desenvolvimento inicial do projeto permitiu identificar os principais desafios relacionados à modelagem e simulação de um sistema de mola e amortecedor aplicado a uma plataforma suspensa em máquinas agrícolas. A tentativa de importar o modelo completo para o software Adams Car® evidenciou as limitações da versão estudantil do programa, tanto em termos de recursos quanto de capacidade de processamento de montagens complexas. Isso exigiu a criação de um modelo simplificado e revelou a necessidade de buscar alternativas mais adequadas de software para simulação mecânica.

Além disso, a etapa de pesquisa de dados dinâmicos revelou a carência de informações específicas sobre o comportamento vibracional de máquinas agrícolas em operação. Embora o estudo de Ahmed et al. (2023) tenha contribuído para uma compreensão preliminar do problema, os dados disponíveis não foram suficientes para alimentar a simulação com precisão.

Dessa forma, conclui-se que, para a continuidade do projeto, será indispensável a realização de uma segunda etapa experimental, com a coleta de dados reais de campo para a caracterização do drive-cycle. Essa nova fase será fundamental para o dimensionamento correto do sistema de suspensão, bem como para a validação dos modelos simulados.

A superação das limitações encontradas nesta iniciação serviu como aprendizado técnico e estratégico, fornecendo bases sólidas para o aprimoramento futuro do projeto e contribuindo para a formação acadêmica e profissional do pesquisador.

BIBLIOGRAFIA

- ALBIERO, D.; VOGT, H. H. Sistema De Trator Elétrico Para Agricultura Em Regiões Semiáridas Movido A Energias Renováveis. UFCInova, 2024.
- LEÃO, A. R. Sistema de Geração de Energia Elétrica em Tratores para Aplicações Agrícolas. UTFPR, 2024.
- SANTOS FILHO, P. F. et al. Avaliação dos Níveis de Vibração Vertical no Assento de um Trator Agrícola. SciELO Brasil, 2024.
- AHMED, A. A.; ALI, M. M. A.; ALGITTA, A. M. Performance Analysis and Control of an Agricultural Tractor Suspension System. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, v. 16, n. 2, p. 150–163, 2023. DOI: 10.30574/gjeta.2023.16.2.0158.
- NAGAOKA, ALBERTO K. et al. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO CONCEITUAL DE UM MÓDULO DE POTÊNCIA PARA AGRICULTURA. - CONBEA 2015. Disponível em: https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2015/anais-2015/mma-maquinas-e-mecanizacao-agricola/2283-desenvolvimento-de-prototipo-conceitual-de-um-modulo-de-potencia-para-agricultura/file. Acesso em: 15 abr. 2024.
- KELLER, Thomas. et al. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. Science Direct. Disponivel em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016719871930131X?via%3Dihub. Acesso em: 13 abr. 2024.