

PROJETO PRELIMINAR DE UMA BANCADA PARA REALIZAÇÃO DE TESTES SIMPLIFICADOS EM SISTEMAS DE FREIO DE VEÍCULOS DE PEQUENO TORQUE

Jonathan Lunardi Oliveira, jonathan.lunardi@acad.ufsm.br¹

Felipe André Ritter, ritter.felipe@acad.ufsm.br¹

Augusto Alpe Coppetti, augusto.alpe@acad.ufsm.br^{1,2}

Pedro Cauduro Poche, pedro.poche@acad.ufsm.br^{1,2}

Cristiano José Scheuer, cristiano.scheuer@ufsm.br¹

¹ Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

² Equipe FORMULA UFSM, Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Resumo. *Uma vez definida a concepção de produto na fase de projeto conceitual, a fase de projeto preliminar foi iniciada o estabelecimento da arquitetura do produto por meio da elaboração da sua árvore genealógica. Nesta fase também foram realizados os dimensionamentos mecânicos e as simulações computacionais para validá-los. Partindo-se destes resultados, foram selecionados os materiais para fabricação dos componentes não comerciais do equipamento. De modo a reduzir os custos e tempo de fabricação do equipamento, nesta etapa do projeto buscou-se adaptar elementos constituintes do equipamento, de modo a aproveitar matérias-primas e peças existentes na universidade, ou presentes a baixo custo no mercado fornecedor. Ao final desta fase, foi criada a lista de componentes que integram o equipamento (conjuntos, subconjunto e componentes), com o estabelecimento da sua codificação (conjuntos, subconjunto e componentes), sua respectiva designação, e a equivalência com o código da matriz funcional.*

Palavras chave: Bancada inercial de freios. Projeto Preliminar. Lista de componentes do produto.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao grande desenvolvimento vertiginoso da indústria automobilística e a constante necessidade e busca por melhoramentos, principalmente no que tange a segurança veicular; é cada vez mais importante que sejam realizados testes nos diversos sistemas de um novo projeto, para que seja possível a validação e comprovação das melhorias propostas. Os freios constituem um dos mais importantes subsistemas para se atingir os critérios de segurança de um veículo. Um dos testes mais usados para verificação em bancada do desempenho dos sistemas de freio corresponde o dinamômetro inercial. Tal equipamento permite coletar dados referentes ao comportamento de discos e pastilhas de freio simulando condições similares aos reais, através de parâmetros como força, rotação e temperatura.

Neste sentido, este trabalho tem o propósito de realizar o projeto preliminar de uma bancada para realização de ensaios simplificados para avaliação do desempenho de sistemas de freio de veículos de pequeno torque.

2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

O processo de desenvolvimento de produtos possui uma natureza complexa e multidisciplinar. Este consiste basicamente em transformar um conjunto de entradas

(matéria prima, conhecimento, energia) em saídas desejáveis (produtos) que visam satisfazer as necessidades de um cliente, empregando uma série de operações, recursos, organizações e informações. A complexidade do processo de desenvolvimento diverge do tipo de produto. Um equipamento de ensaios, por exemplo, é caracterizado por um alto grau de complexidade tecnológica, sendo que no seu projeto a geração de soluções demanda conhecimento de tecnologias mecânicas, eletroeletrônicas e computacionais. As tarefas envolvidas no desenvolvimento de uma bancada para execução de testes em sistemas de freio exigem uma sistematização, a qual pode ser obtida através da adoção de modelos de referência para o desenvolvimento de produtos. Um modelo de referência voltado para o projeto e desenvolvimento de qualquer produto, é proposto por Back *et al.* (2008) sob a denominação de Processo de Desenvolvimento Integrado de Produto (PRODIP). Essa metodologia é baseada no Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA) proposto por Romano (2003). Estes modelos são constituídos por três macrofases, denominadas Planejamento, Projetação e Implementação. A macrofase de Projetação, onde o projeto do produto é elaborado, é subdividida em quatro fases, nomeadas projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Este trabalho é focado na execução

$$d = 4 \cdot \omega \cdot \left[\frac{Nf \cdot I \cdot \sqrt{\frac{3}{4}}}{\pi \cdot Sy} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Nestas: Coeficiente de segurança (Nf) (adimensional), Coeficiente segurança de fadiga (Kf) (adimensional), Momento fletor alternado (Ma), Resistência à Fadiga (Sf), Torque médio (Tm), Resistência ao escoamento (Sy) e Momento de inércia da massa (I). A realização destes cálculos está mostrada na Figura 3.

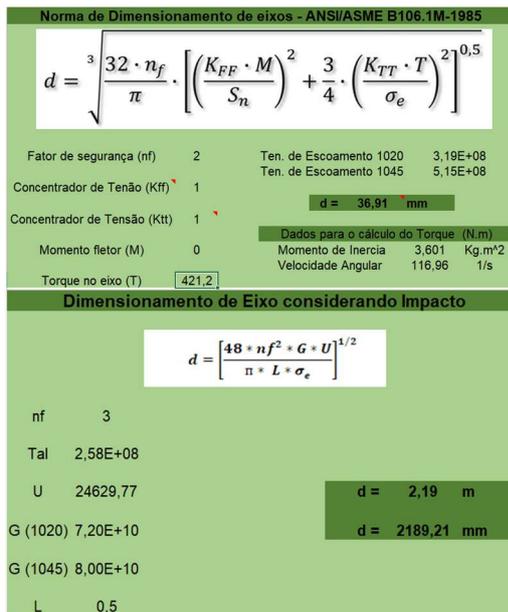


Figura 3. Cálculos para dimensionamento do Eixo.

Visto que o eixo principal é o componente mais crítico de todo o sistema, além dos cálculos analíticos para dimensionamento, foi realizada também uma simulação computacional por elementos finitos (Figura 4), para entender o comportamento deste quando na aplicação das cargas durante ensaio.

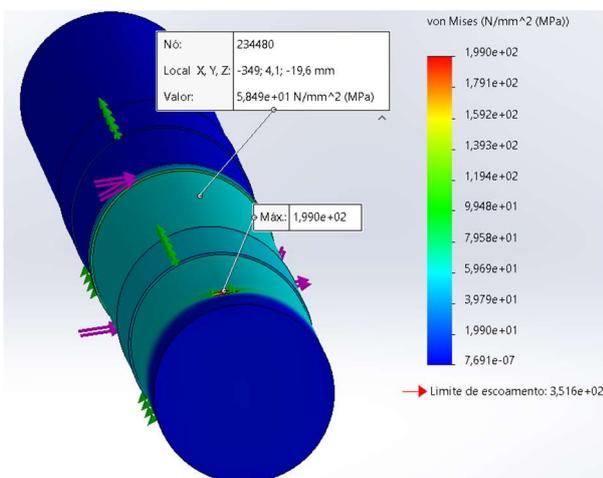


Figura 4. Tensões de Von Mises atuantes sobre o eixo.

Analisando a Figura 4 percebe-se que, assim como esperado, a maior concentração de tensão está entre o suporte do freio e o disco de inércia. Por este motivo que buscou-se diminuir ao máximo a distância entre estes componentes.

Tendo em vista que a rigidez e a densidade constituem as propriedades de interesse para o projeto do eixo, utilizando o Diagrama de seleção de materiais 'Módulo de elasticidade vs. Densidade' apresentado na Figura 5, verifica-se que os aços com médio teor carbono são adequados para a sua fabricação.

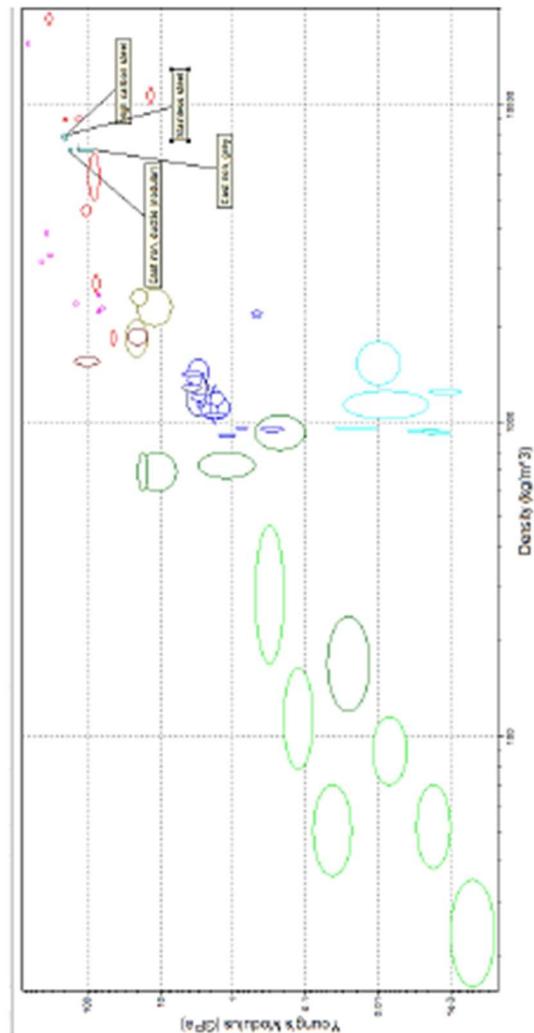


Figura 5. Diagrama de seleção de materiais 'Módulo de elasticidade vs. Densidade'

Os materiais para fabricação dos componentes do equipamento foram pesquisados na internet, desmanches sucateiros de Santa Maria e região, materiais disponíveis em laboratório com a possibilidade de uso, buscando menor custo, e também elaborado orçamento junto das empresas locais. A lista dos materiais com os custos é apresentada na Tabela 1. O valor total estimado para fabricação do protótipo é de R\$ 17.019,72. Salienta-se que alguns itens podem sofrer variação de valor, conforme local de compra, quantidades e inflação de mercado.

Tabela 1. Materiais e estimativa de custos

Descrição	Quantidade	Material	Origem	Custo unitário (R\$)
Volantes de inércias	2	Aço 1020	Comercial	135,00
Eixo 40 mm	1	Aço 1045	Comercial/usinado	27,00/Kg
Mancais e rolamentos	2	Ferro fundido/aço	Comercial	130,00
Pólias	2	Alumínio	Comercial	149,00
Chapas	2 m ²	Aço 1045	Cortado a laser	550,00/m ²
Pinça de freio	2	Alumínio	Comercial	1757,70
Tubos 40x40	8 m	Aço 1020	Comercial usado	10,00/Kg
Motor elétrico	1	Ferro fundido	Comercial	5.240,22
Sensores	5	-	Comercial	175,85
Sistema pneumático	1	Alumínio	Comercial	118,49
Cilindro mestre	2	Alumínio	Comercial	1.988,18
Linhas de freio	2 m	Malha de aço	Comercial	119,90/m
Controladores	1	-	Comercial	85,00
Pastilhas	2	Ferro e aço	Comercial	359,00
Grade	2 m ²	Ferro	Comercial	89,90/m ²
Reservatório	2	ABS	Impressão 3D	23,00
Fixadores	40	Aço	Comercial	0,41

4. CONCLUSÃO

A elaboração a árvore genealógica do produto permitiu uma visão espacial de todos os sistemas, subsistemas e peças que compõem o equipamento desenvolvido. A realização do dimensionamento mecânico e o seu refinamento utilizando simulação computacional permitiu precisar as dimensões para os componentes críticos de equipamento. Estes dados também forneceram subsídio para a seleção dos materiais mais apropriados à sua fabricação. Por fim, a elaboração da lista de materiais permitiu obter uma estimativa de custo para o produto desenvolvido.

5. REFERÊNCIAS

- Back, N. et al. Projeto Integrado de Produto: planejamento, concepção e modelagem, 1^a ed. Barueri, Editora Manole, 2008.
- Norton, R.L. Projeto de máquinas: uma abordagem integrada - 4, ed. - Porto Alegre: Bookman, 2013.
- Romano, L.N. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. 2003. Tese. (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.
- Rudolf Limpert. Brake Design and Safety. Segunda edição. Warrendale, PA: SAE International, 1999.