

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

**Augusto Alpe Coppetti**, [augusto.alpe@acad.ufsm.br](mailto:augusto.alpe@acad.ufsm.br)<sup>1,2</sup>  
**Pedro Cauduro Poche**, [pedro.poche@acad.ufsm.br](mailto:pedro.poche@acad.ufsm.br)<sup>1,2</sup>  
**Jonathan Lunardi Oliveira**, [jonathan.lunardi@acad.ufsm.br](mailto:jonathan.lunardi@acad.ufsm.br)<sup>1</sup>  
**Felipe André Ritter**, [ritter.felipe@acad.ufsm.br](mailto:ritter.felipe@acad.ufsm.br)<sup>1</sup>  
**Cristiano Jose Scheuer**, [cristiano.scheuer@ufsm.br](mailto:cristiano.scheuer@ufsm.br)<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Equipe FORMULA UFSM, Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

**Resumo.** Partindo-se da definição dos requisitos de projeto e o seu ranqueamento por ordem de importância, foi gerada uma concepção para a bancada de ensaios de sistemas de freio de veículos de pequeno torque. As características de tal concepção visaram fundamentalmente o atendimento das especificações estabelecidas na fase de projeto informacional. Para isso, definiu-se a estrutura funcional do produto, através da técnica de síntese funcional, dividindo-se a função técnica global do produto em sub-funções. Com a definição das soluções individuais para cada uma das sub-funções parciais, a matriz morfológica do equipamento foi construída. Partindo-se da matriz morfológica, foram combinados os princípios de solução para cada sub-função, gerando-se possíveis concepções para o equipamento em desenvolvimento. Estas concepções foram avaliadas baseando-se nos requisitos de clientes estabelecidos, de modo a identificar e selecionar a que melhor os atende; obtendo-se assim o conceito do produto a ser desenvolvido.

**Palavras-chave:** Bancada inercial de freios. Projeto Conceitual. Concepção do produto.

### 1. INTRODUÇÃO

A demanda crescente pelos veículos automotores, tem estimulado o desenvolvimento de novas tecnologias pelos seus fabricantes, buscando atender aos requisitos de seus clientes. Dentre os principais desenvolvimentos destacam-se aqueles relacionados aos critérios de segurança. Neste ponto, os sistemas de freios de tais veículos vêm passando por contínuos desenvolvimentos. Estes desenvolvimentos visam principalmente a melhora no seu desempenho (pelo aumento da fricção), e o aumento da sua vida útil (pela redução do seu desgaste).

Tais desenvolvimentos são alcançados pela modificação do projeto de tais componentes e, principalmente, pelo uso de novos materiais na fabricação dos elementos que os constituem. Entretanto, para avaliar a efetividade do projeto e dos materiais adotados na sua materialização, é necessária a realização de inúmeras etapas de experimentação para avaliar o funcionamento dos novos conceitos propostos e materiais adotados.

Para os sistemas de freios, a sequência normal de avaliação dos novos desenvolvimentos envolve a realização de simulações computacionais, seguida pela realização de ensaios em bancada e, por fim, a realização de ensaios em campo. A adoção desta sequência de validação dos sistemas de freio visa a identificação de

problemas de projeto ainda na fase de concepção, de modo a reduzir custo e o desperdício de tempo nas fases subsequentes de validação do produto.

Neste contexto, as bancadas para ensaios de sistemas de freio são ferramentas úteis para avaliação preliminar de novos conceitos e materiais para sistemas de freios. Com base nisso, este trabalho tem o propósito de realizar o projeto conceitual 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 primeiro passo do trabalho foi o estabelecimento do seu diagrama funcional do produto a ser desenvolvido (Figura 1). O diagrama funcional permite a visualização das funções relacionadas ao produto e das relações existentes entre elas.

Após a identificação das funções elementares do produto a partir do diagrama funcional, foi construída a matriz morfológica (parcialmente mostrada na Figura 2, para a função elementar do sistema de transmissão), que apresenta princípios de solução para cada uma destas. Para a montagem desta foram propostos vários princípios de solução para cada função elementar, com nos resultados obtidos na fase de projeto informacional do produto.

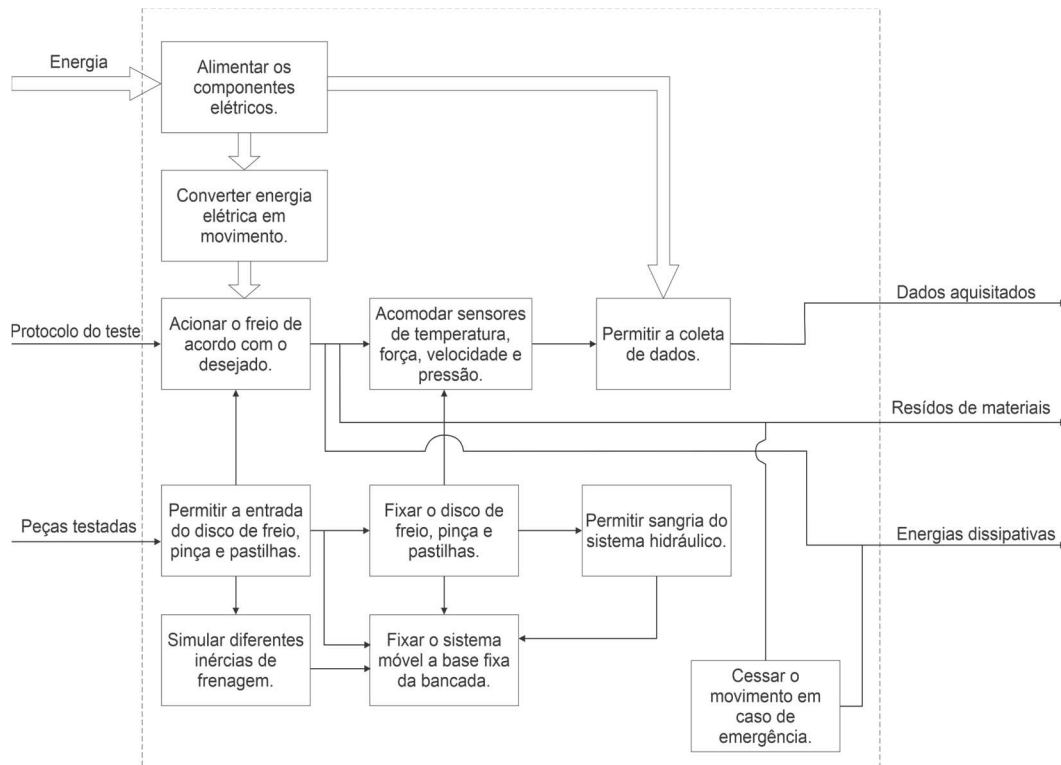


Figura 1 - Diagrama funcional do produto



Figura 2 – Matriz morfológica para os elementos de transmissão

Com a elaboração da matriz morfológica foi possível identificar diferentes soluções para cada função parcial do produto, o que permitiu a proposição de diferentes concepções para o produto. Estas concepções são detalhas na seção de resultados e discussão. Para selecionar a concepção que melhor atende aos requisitos dos usuários, utilizou-se uma matriz de seleção.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira concepção gerada (Figura 3) para o produto em desenvolvimento é composta por quatro hastes de apoio ligadas a uma estrutura que suporta uma chapa de metal, a qual evita que peças e materiais caiam sobre o sistema motor, além de servir como apoio para ferramentas utilizadas nos ensaios. Neste conceito os componentes

foram dispostos a uma distância apropriada de modo a melhorar a acomodação dos sensores, de forma a facilitar o acesso a estes caso seja necessário realizar a sua manutenção. Para a maior segurança dos operadores, foi inserida uma grade metálica que cobre toda a bancada durante a execução dos testes.

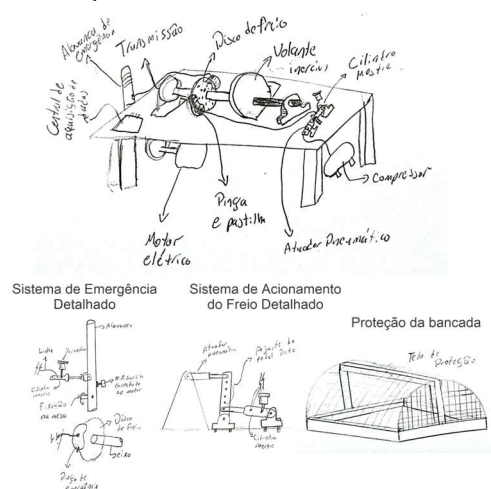


Figura 3 - Primeira concepção

Na segunda concepção (Figura 4) foi modificada a disposição de alguns componentes, de modo a torna o equipamento mais compacto, minimizando os custos relacionados a sua construção. Neste conceito, o eixo é sustentado por dois mancais, e entre estes está fixa ao eixo a massa de inércia. A polia do sistema motor foi disposta em uma das extremidades do eixo, o que simplifica e torna mais rápida a troca da correia. Na outra extremidade do eixo é fixado o disco a ser testado. Nesta concepção também foi mantida uma boa distância entre os componentes para facilitar a instalação dos sensores e a sua manutenção.

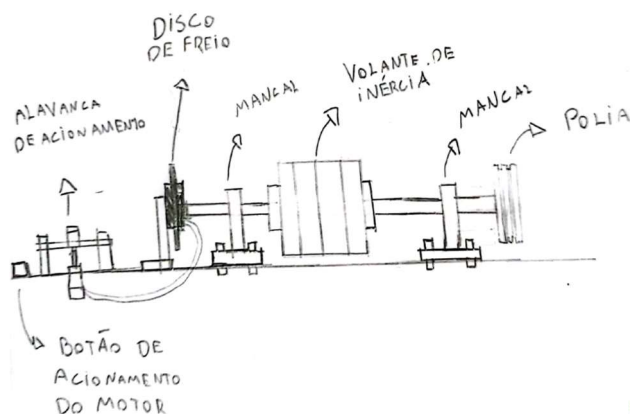


Figura 4 - Segunda concepção.

Tendo em vista que este trabalho constitui um projeto acadêmico com recursos limitados, a terceira concepção (Figura 5), foi concebida visando um produto de construção simples e baixo custo. A estrutura principal de metal na qual os demais elementos que constituem o equipamento são fixados, é composta por um quadrado superior horizontal que tem como suporte quatro apoios verticais; e um tubo horizontal na sua lateral utilizando como elemento para fixação da célula de carga.

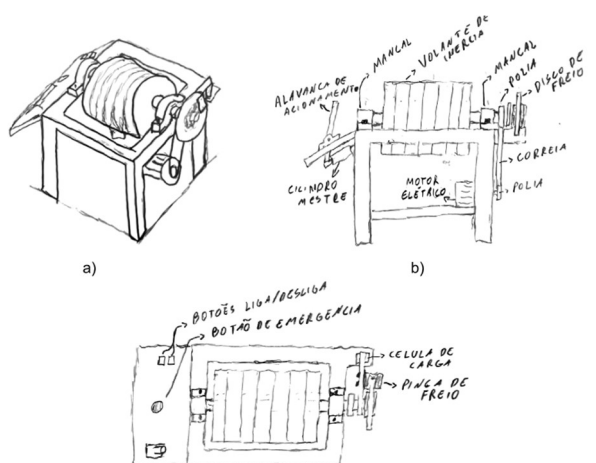


Figura 5 - Terceira concepção simplificada. Vista isométrica (a). Vista lateral (b). Vista superior (c).

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre as três concepções propostas para o produto. Confrontando os pesos atribuídos às características listadas na Tabela 1, pode-se verificar que a concepção 1 constitui aquela que melhor atende aos requisitos pré-estabelecidos.

Tabela 1 – Matriz de seleção das concepções.

| Critério                                     | Hierarquia | Peso | Concepção 1 |                    | Concepção 2 |                    | Concepção 3 |                    |
|--|------------|------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
|  |            |      | Nota        | Total              | Nota        | Total              | Nota        | Total              |
| Número de partes móveis possíveis            | 1          | 10   | 5           | 50                 | 5           | 50                 | 4           | 40                 |
| Tempo de degradação do material (n° de anos) | 2          | 9    | 5           | 45                 | 5           | 45                 | 5           | 45                 |
| Alta tenacidade (Mpa)                        | 3          | 8    | 5           | 40                 | 5           | 40                 | 5           | 40                 |
| Número de componentes testados               | 4          | 7    | 5           | 35                 | 5           | 35                 | 5           | 35                 |
| Resistência a temperatura (°C)               | 5          | 6    | 5           | 30                 | 5           | 30                 | 5           | 30                 |
| Tamanho do raio de concordância (mm)         | 6          | 5    | 1           | 5                  | 1           | 5                  | 1           | 5                  |
| Área de proteção (m²)                        | 7          | 4    | 4           | 16                 | 1           | 4                  | 1           | 4                  |
| Número de fixadores                          | 8          | 3    | 3           | 9                  | 4           | 12                 | 5           | 15                 |
| Número de sensores                           | 9          | 2    | 5           | 10                 | 5           | 10                 | 4           | 8                  |
| Precisão na medição                          | 10         | 1    | 5           | 5                  | 4           | 4                  | 5           | 5                  |
|  |            |      |             | <b>Total = 245</b> |             | <b>Total = 235</b> |             | <b>Total = 227</b> |

#### 4. CONCLUSÕES

A definição do diagrama funcional do produto permitiu as funções relacionadas ao produto. A partir destas foram propostas soluções para cada função elementar através da elaboração da matriz morfológica do produto. A combinação das soluções para as funções elementares permitiu proposição de três concepções para o produto. Todos os três conceitos de equipamentos gerados atendem satisfatoriamente os requisitos estabelecidos. Entretanto, aplicando a matriz de seleção para as concepções foi possível identificar que o 1º conceito de equipamento é aquele que melhor atende aos requisitos de cliente.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Norton, R.L. Projeto de máquinas: uma abordagem integrada - 4, ed. - Porto Alegre: Bookman, 2013.
- Guia PMBOK. Guia de conhecimento em gerenciamento de projetos. Sexta edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.
- Rudolf, L. Brake Design and Safety. Segunda edição. Warrendale, PA: SAE International, 1999.