

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

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

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

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

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

Cristiano Jose 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. Neste trabalho desenvolveu-se o projeto informacional de uma bancada de teste de freios, a qual simula uma situação real de frenagem de uma roda de um veículo de pequeno porte. Nesta etapa do projeto foi realizada a análise de produtos comerciais similares, e o levantamento dos requisitos dos potenciais usuários do produto, através de uma pesquisa aplicada pela plataforma google forms (totalizando 26 entrevistados). Partindo-se desta análise preliminar e utilizando ferramentas de projeto como o diagrama de Mudge e a matriz de desdobramento da função qualidade (QFD), obteve-se uma lista de especificações técnicas para o produto em desenvolvimento, quantificada e classificadas em ordem de importância.

Palavras chave: Bancada inercial de freios. Projeto informacional. Requisitos de projeto

1. INTRODUÇÃO

Os freios, juntamente com os pneus e o sistema de direção, são os componentes de segurança e prevenção de acidentes mais importantes nos veículos automotores. Sem tais sistemas seria impossível promover a locomoção entre inúmeros veículos em um mesmo espaço, e cessar o seu movimento quando necessário.

Os veículos automotores contribuíram indiretamente para o avanço da civilização humana, visto que estes 'encurtaram as distâncias' entre os povos, permitindo a rápida disseminação de informações. Atualmente, estes continuam contribuindo para a evolução da sociedade por garantir o transporte de pessoas e mercadorias.

Com base no exposto, é correto afirmar que o estudo de componentes que compõem o sistema de freios dos automóveis é de suma importância para o desenvolvimento e o bom funcionamento de uma sociedade. Neste sentido, tendo em vista a importância de estudos envolvendo a validação de sistemas de frenagem, é possível avistar um problema: a necessidade de se desenvolver dispositivos para simular em bancada as condições reais de frenagem de um veículo.

Tal necessidade surge em função dos riscos associados à integridade do condutor, quando na realização direta de ensaios de validação destes em campo. Além disso, outro fator que desestimula a realização de ensaios em campo constitui o seu elevado custo de execução. Uma forma de

contornar tais limitações, constitui a análise preliminar de novos sistemas de freios através de experimentação envolvendo simulação computacional.

Entretanto, tal caracterização não consegue reproduzir de forma fidedigna as condições reais de frenagem e, dessa forma, analisar o desempenho real do sistema de frenagem. Assim, entre as fases preliminares de simulação computacional e final de avaliação do desempenho em campo, a implementação de testes em bancada possibilita a otimização dos resultados obtidos na fase inicial, de modo a mitigar os possíveis problemas na fase final do projeto.

Dentro deste contexto este trabalho tem propósito realizar o projeto informacional de uma bancada para realização de ensaios simplificados para avaliação do desempenho de sistemas de freio de veículos de pequeno torque.

2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Inicialmente foi realizada uma análise de produtos similares existentes no mercado, para determinar os requisitos de funcionamento dos produtos já existentes. Para tanto, foi realizada uma busca minuciosa na internet, de modo a encontrar concepções pré-existentes, com funcionalidades similares a do equipamento que se pretende desenvolver. Durante a realização de tal busca,

constatou-se que tais equipamentos são comercialmente inexistentes.

Em contrapartida, foram encontrados diversos trabalhos acadêmicos, abordando o projeto e construção de bancadas para ensaios de sistemas de freios, com funcionalidades similares às utilizadas em grandes empresas. Os projetos mais promissores encontrados foram os de NIEHUES (2019) e TAKAHASHI (2006), os cujos mocapés digitais estão ilustrados nas Figura 1 e Figura 2, respectivamente.

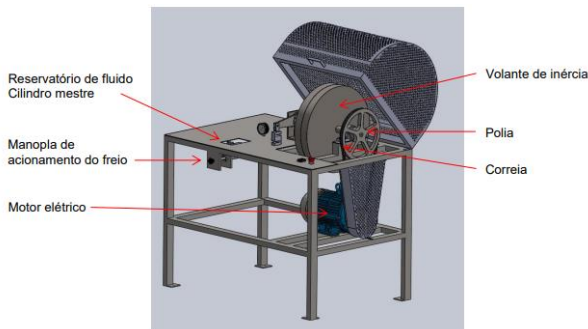


Figura 1 - Bancada de freios desenvolvida por NIEHUES (2019)

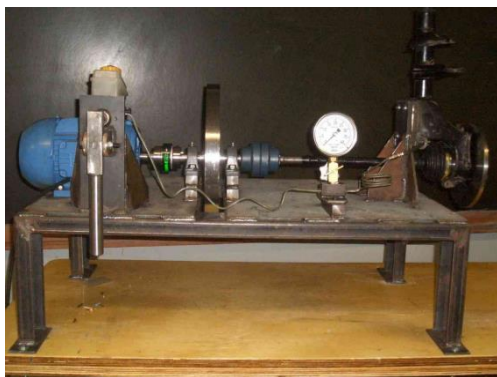


Figura 2 - Bancada de freios desenvolvida por TAKAHASHI (2006)

Além da busca na literatura por equipamentos com características similares, também realizou-se uma pesquisa via formulários online (plataforma google forms). Este formulário foi constituído pelas cinco perguntas listadas abaixo:

- Você acha útil uma bancada de sistemas de freio?
- Qual a sua área de atuação?
- Quais os principais dados que uma bancada de sistemas de freio precisa determinar?
- Quais componentes você gostaria de testar em uma bancada de sistemas de freio?
- Quais funcionalidades são essenciais para uma bancada de sistemas de freio?

Tal formulário foi enviado às pessoas que atuam no desenvolvimento e avaliação de sistemas de freios de veículos automotores. Este público constituiu basicamente grupos de pesquisadores de dinâmica veicular, alunos de

que participam de projetos administrados pela SAE (sociedade de engenheiros da mobilidade), professores com atuação na área e engenheiros atuando na indústria da mobilidade. Estes foram definidos como os clientes do equipamento em desenvolvimento, pois constituem potenciais usuários destes. Da aplicação do referido formulário foram obtidas um total de 26 respostas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os requisitos do cliente (Tabela 1) foram estabelecidos a partir das necessidades listadas pelos clientes na resposta aos formulários, e através da análise de equipamentos similares já existentes.

Estes requisitos foram classificados em ordem de importância utilizando o diagrama de Mudge (Tabela 2). Esta classificação é obtida comparando-se diretamente dois requisitos, identificando-se assim qual deles é o de maior importância. A partir da análise pelo diagrama de Mudge, foram identificados como requisitos prioritários os seguintes: i) confiabilidade, ii) possuir grades de proteção, e iii) aquisição de dados essenciais.

Tabela 1 - Requisitos dos clientes

Nº	Requisitos do Cliente	Nº	Requisitos do Cliente
1	Variedade de componentes testados	7	Materiais com alto ponto de fusão
2	Materiais de qualidade	8	Economicamente acessível
3	Aquisição de dados essenciais	9	Fácil manuseio
4	Confiabilidade	10	Fácil substituição de peças
5	Sensores com boa resolução	11	Geometria propícia para limpeza
6	Possuir grade de proteção		

Tabela 2 - Diagrama de Mudge

Diagrama de Mudge												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL	TOTAL (%)
1	2B	3C	4C	5A	6A	1B	1A	1B	1B	1C	15	8,88
2	3A	4A	2A	6B	2B	2A	2C	2B	2C		21	12,43
3	4A	3B	6A	3B	3A	3B	3A	3C			22	13,02
4	4B	4A	4B	4C	4C	4C	4C	4C			34	20,12
5	6B	5A	5A	5C	5C	5C					18	10,65
6	6C	6C	6C	6C	6C	6C					33	19,53
7	8A	7A	7A	7B							5	2,96
8	8A	8A	8C								8	4,73
9	9B	9C									8	4,73
10	10C										5	2,96
11											0	0,00
											169	100,00

Os requisitos dos clientes foram posteriormente convertidos para uma linguagem de engenharia a partir da definição dos requisitos de projeto (Tabela 3). Os requisitos de projeto constituem o 'elo' de ligação entre os requisitos dos clientes, e os critérios de engenharia que são empregados para garantir que àqueles sejam atendidos.

Tabela 3 - Conversão dos requisitos de cliente em requisitos de projeto

Requisitos do Cliente	Requisitos do Projeto	Direção de melhoria	Nº
Variedade de componentes testados	Número de componentes testados (n°)	+	1
Materiais de qualidade	Alta tenacidade (Mpa)	+	2
Aquisição de dados essenciais	Número de sensores (n°)	+	3
Confiabilidade	Tempo de degradação do material (n° de anos)	+	4
Sensores com boa resolução	Precisão na medição (%)	+	5
Possuir grade de proteção	Área de proteção (m²)	+	6
Materiais com alto ponto de fusão	Resistência a temperatura (°C)	+	7
Economicamente acessível	Número de partes móveis possíveis (n°)	-	8
Fácil manuseio	Número de fixadores (n°)	+	9
Fácil substituição de peças			
Geometria propícia para limpeza	Tamanho do raio de concordância (mm)	+	10

A partir dos requisitos de projeto, a matriz de desdobramento da função qualidade (Quality Function Deployment - QFD) foi utilizada para ranquear, por ordem de prioridade, as características mais relevantes do produto em desenvolvimento. Como resultado desta análise identificou-se dois aspectos à serem priorizados: i) viabilidade econômica, e ii) a confiabilidade do produto (Tabela 4).

Tabela 4 - Matriz QFD

Matriz QFD												
R.P. / R.C.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	∑C	
1	∅		∅	Δ					∅	∅	∅	8,88
2	Δ	∅	Δ	∅	Δ	Δ	∅	∅				12,43
3	∅	Δ	∅	∅				∅	∅	∅		13,02
4	Δ	∅	Δ	∅	Δ	∅	∅	∅	∅	Δ		20,12
5		∅	∅	Δ	∅		∅	∅		∅		10,65
6	∅	∅		∅			∅	∅	Δ	Δ	∅	19,53
7	Δ	∅	Δ	∅	∅	Δ	∅	∅				2,95
8	∅	∅	Δ	∅			∅		∅	∅	∅	4,73
9	∅		Δ	∅			∅	Δ	∅	Δ		7,69
10				Δ			∅		∅	∅	∅	0,00
Total	250,31	295,25	192,91	310,64	94,65	210,65	243,18	385,22	207,69	233,74		2424,24
Hierarquia	4	3	9	2	10	7	5	1	8	6		

As especificações de projeto foram definidas a partir dos requisitos de projeto definidos anteriormente. Estas foram baseadas nas análises de produtos similares já existentes, e nas características específicas desejadas para o próprio projeto. A Tabela 5 compila as especificações de cada requisito de projeto.

Tabela 5 - Especificações do projeto

Requisitos do Projeto	Especificações do Projeto
Número de Componentes Testados	6
Tensão de Escoamento	370 MPa
Número de Sensores	6
Tempo de Degradação do Material	10 anos
Precisão na Medição	+/- 2%
Área de proteção	5 m²
Resistência a Temperatura	500°C
Número de partes móveis possíveis	5
Número de Fixadores	50
Tamanho dos raios de Concordância	(menor dimensão / 2) (mm)

4. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada permitiu determinar os requisitos para o projeto de uma bancada para ensaios de sistemas de freios de veículos de pequeno torque. Tais requisitos foram quantificados e hierarquizados empregando ferramentas de projeto, como o diagrama de Mudge e matriz QFD. Os resultados obtidos evidenciam que a viabilidade econômica e a confiabilidade do produto são os requisitos prioritários de projeto.

5. REFERÊNCIAS

- Niehues, B.J. Projeto de uma bancada para ensaios de desempenho do disco de freio de um veículo baja SAE. Disponível em: <<http://repositorio.satc.edu.br/bitstream/satc/380/2/Bruno%20Junkes%20Niehues.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- Rudolf L. Brake Design and Safety. Segunda edição. Warrendale, PA: SAE International, 1999.
- Takahashi, T.A. Construção de uma bancada de testes para o estudo do problema de squeal noise em sistemas de freio a disco automotivo. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2006/Artigos/Art_TCC_061_2006.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.