

PROJETO EXECUTIVO: BANCADA DE TESTES PARA O SISTEMA DE EXAUSTÃO DE MOTOCICLETAS

EXECUTIVE PROJECT: TEST BENCH FOR MOTORCYCLE EXHAUST SYSTEM

Anderson Sicka de Oliveira¹

RESUMO

Este trabalho aborda o desenvolvimento do projeto executivo de uma bancada que permita a realização de testes no sistema de exaustão de motocicletas, para a utilização em meio didático. Para isso, foi desenvolvido o projeto completo de uma bancada para realizar testes de emissão neste sistema, sendo desenvolvidos também os seus desenhos de fabricação e lista de materiais e equipamentos aplicados. Visando atingir os objetivos propostos para este trabalho, foi necessário realizar adaptação de um processo de projeto existente e também foi realizado, através de instrução normativa do IBAMA, o levantamento dos requisitos para equipamentos e procedimentos para este tipo de teste. Sendo que a partir destas informações foi desenvolvido, através de um processo iterativo entre etapas na metodologia, a definição da arquitetura de produto, escolha de equipamentos e por fim o detalhamento do projeto. Apresentando desta forma como resultados principais, o desenvolvimento do projeto completo da bancada com a validação da estrutura projetada e também os equipamentos que foram selecionados para permitir a realização dos testes. Concluindo-se desta forma, que o objetivo de desenvolver um projeto que permita a execução de uma bancada de testes de emissão para o sistema de exaustão de motocicletas foi atingido.

Palavras-Chave: Bancada de Testes, Sistema de Exaustão, Motocicletas, Emissão de Gases e Ruído.

ABSTRACT

This paper discusses the development of the executive project of a bench that allows

¹ Engenheiro Mecânico, pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). email: anderson_sicka@hotmail.com

the realization of tests in the exhaust system of motorcycles, for use in didactic means. For this, the complete project of a bench to carry out emission tests in this system was developed, also being developed its manufacturing drawings and list of applied materials and equipment. Aiming at achieving the objectives proposed for this paper, it was necessary to carry out an adaptation of an existing project process and also, through normative instruction of IBAMA, the survey of the requirements for equipment and procedures for this type of test. Since this information was developed, through an iterative process between stages in the methodology, the definition of the product architecture, choice of equipment and finally the detail of the project. Presenting in this way as main results, the complete project of the bench with the validation of the designed structure and also the equipments that were selected to allow the tests to be carried out. In conclusion, the objective of developing a project that allows the execution of an emission test bench for the motorcycle exhaust system has been reached.

Keywords: Test Bench, Exhaust, Motorcycles, Emission of Gas and Noise.

INTRODUÇÃO

As exigências do mercado atual, estão cada vez mais rígidas em relação a parâmetros de qualidade dos produtos comercializados. A indústria de motocicletas, dentre estes parâmetros, tem como desafio, manter o sistema de exaustão de seus veículos em conformidade com limites de emissão de gases e ruídos. Para isto torna-se necessário uma extensa atividade do setor de engenharia, no quesito de desenvolvimento de novos projetos, validação dos mesmos através de análises em bancadas de teste e execução de prévias melhorias antes de sua comercialização.

Estas bancadas de teste, quando utilizadas para prover ensino e preparar acadêmicos, são comumente chamadas de bancadas didáticas. Sendo descritas como uma ferramenta de auxílio, que possibilita aos operadores realizar a montagem de vários sistemas divergindo apenas os seus parâmetros, permitindo desta maneira a realização de diversos experimentos. Este tipo de bancada também possibilita a familiarização com componentes e assuntos teóricos vistos em aula de uma maneira prática (RADÜNZ, 2015).

Para desenvolver este tipo de produto, torna-se necessário um embasamento na área de projetos. Sendo que estes, relacionados a engenharia são definidos como o processo onde são aplicadas diversas técnicas e princípios científicos com o intuito de desenvolver um dispositivo, método ou um sistema

contendo todos os detalhes mínimos necessários para permitir sua execução. Para isto aplicam-se processos de projeto, sendo que estes geralmente se iniciam a partir da identificação de uma necessidade e da decisão de realizar algo a respeito da mesma. Sendo posteriormente, após diversas etapas de iteração, finalizado o projeto com a apresentação das alternativas para suprir a necessidade (NORTON, 2013 e SHIGLEY, 2008).

O projeto que será desenvolvido ao decorrer deste trabalho será destinado ao teste do sistema de exaustão de motocicletas, sendo que estas, são definidas como sendo um veículo destinado ao transporte de pessoas, com a sua movimentação proporcionada a partir de duas rodas, sendo que a sua roda frontal tem a função de direcionar o veículo e a traseira de prover a tração (MICHAELIS, 2016).

O sistema que provém a tração a este veículo é o motor de combustão interna, sendo que na maioria das motocicletas comercializadas no Brasil, são empregados motores alternativo de pistão que funcionam a partir do ciclo Otto quatro tempos. Dentre as principais características deste tipo de motor estão a de executar quatro movimentos ou cursos do pistão para completar um ciclo de combustão e a mesma ocorre a partir de uma descarga elétrica (faísca) no interior da câmara de combustão. Para a execução de um ciclo (4 movimentos do pistão) o virabrequim ou também chamado de árvore de manivelas gira duas voltas completas. Estes movimentos também são chamados de tempos é desta definição que surge os chamados quatro tempos do motor (BRUNETTI, 2012).

No primeiro tempo executado, no ciclo da combustão, com a abertura da válvula de admissão ocorre a entrada da mistura ar-combustível na câmara do motor, no segundo tempo ocorre com as válvulas fechadas a compressão da mistura, admitida no tempo anterior, para elevar a sua temperatura, no terceiro tempo ocorre a descarga elétrica que irá gerar a combustão da mistura, desta forma originando a expansão dos gases e no quarto e último tempo do ciclo ocorre a abertura da válvula de escape e o movimento de expulsão dos gases resultantes da combustão pelo orifício de escape, finalizando assim o ciclo para dar início novamente ao mesmo (BRUNETTI, 2012).

Para realizar esta expulsão dos gases, existe o sistema de exaustão ou escapamento, que é empregado nas motocicletas para coletar os gases resultantes

da combustão nos cilindros do motor e transferi-los para atmosfera, tendo também como função expeli-los uma forma melhor, tornando estes gases menos nocivos ou menos tóxicos. Outro fator importante considerado no sistema de exaustão é em relação a poluição sonora, o sistema chamado de silencioso possui uma câmara especial para cortar as ondas sonoras rígidas produzidas pelo motor, desta forma expelindo o som de uma forma melhor (OLIVEIRA, 2003 e KHALID, 2010).

Sendo estes sistemas de exaustão os produtos alvos a serem testados na bancada, para o desenvolvimento deste projeto, serão seguidos os requisitos para equipamentos e procedimentos de teste regulamentados pela instrução normativa nº6 do IBAMA de 08 de junho de 2010, para a realização dos testes de emissão neste sistema (IBAMA, 2016).

Em conformidade com o descrito e visando auxiliar na preparação dos acadêmicos, implantando nos laboratórios da UNIARP uma ferramenta que permita aos mesmos uma relação prévia com instrumentos que possivelmente irão se deparar neste mercado de trabalho repleto de desafios, mencionado anteriormente. Define-se como objetivo geral para este trabalho desenvolver o projeto executivo de uma bancada que torne possível a realização de testes de emissão no sistema de exaustão de motocicletas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver o projeto foi necessário adaptar a metodologia de processo de projeto descrita, sendo desta forma criado o projeto através do processo iterativo entre as seguintes etapas:

- a) Levantamento das Especificações de Projeto;
- b) Definição da Arquitetura do Produto;
- c) Escolha dos Equipamentos;
- d) Detalhamento do Projeto.

As etapas “a”, “b” e “c” foram um prelúdio para a etapa de detalhamento do projeto, sendo que nas mesmas foi realizado todo o levantamento de informações necessárias para que se tornasse possível desenvolver o modelamento do projeto através da etapa “d”. Sendo que o que foi basicamente desenvolvido em

cada uma destas etapas será descrito na sequência.

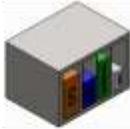
LEVANTAMENTO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

Nesta etapa inicial foi realizada a análise dos requisitos descritos a partir das instruções normativas adotadas e com isto foram definidos os requisitos de projeto. Posteriormente foram realizadas entrevistas com alguns acadêmicos e professores da UNIARP, onde com suas respostas e juntamente com a experiência acadêmica do autor foram definidos os requisitos de usuários. Em paralelo com o descrito, foram definidas algumas premissas para o projeto, sendo que estas foram definidas a partir da iteração entre esta etapa e posteriores.

Após o levantamento dos requisitos, os mesmos foram transformados em especificações as quais o projeto deveria seguir. Estas especificações são basicamente objetivos e características as quais o projeto deve atender para que possa estar de acordo com os requisitos levantados. Com estas especificações definidas, prosseguiu-se para a etapa seguinte.

DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA DO PRODUTO

Para definir a arquitetura do produto, nesta etapa foi desenvolvido um quadro, contendo opções para características específicas de montagem da bancada. Neste quadro (Matriz de tomada de decisão - exemplificado abaixo em partes), foi realizado um *brainstorming*, sendo inseridas todas as ideias assim como suas vantagens e desvantagens para o projeto.

Opção	I	II	III
Característica	Disposição Horizontal	Disposição Vertical	Disposição Mista (Horizontal e Vertical)
Disposição dos Equipamentos	 <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fácil instalação de equipamentos. - Estrutura Simplificada. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grande espaço vertical. 	 <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fácil instalação de equipamentos; - Estrutura Simplificada. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisador de gases somente na horizontal; - Grande espaço horizontal. 	 <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fácil instalação de equipamentos; <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrutura Complexa.

Quadro 1. Matriz de tomada de decisão

Com a conclusão da matriz de tomada de decisão, foram selecionadas as melhores opções visando atender as especificações definidas para o projeto, sendo que posteriormente estas escolhas foram justificadas, explicitando quais pontos levaram a cada decisão, desta forma a etapa de definição da arquitetura do produto foi finalizada, dando prosseguimento ao processo de projeto.

ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS

Após a definição da arquitetura, foi realizada a escolha dos equipamentos que serão empregados na bancada, sendo estes os instrumentos de teste, computador e periféricos. Com a análise das etapas anteriores em paralelo com a pesquisa sobre as opções existentes no mercado, foram selecionadas as que melhor atendiam as especificações definidas para este projeto.

Com as escolhas realizadas, foi desenvolvido um quadro para facilitar o acesso as informações dimensionais de cada equipamento, sendo que estas eram necessárias para o desenvolvimento e detalhamento do projeto. Uma parte deste quadro está disposta na sequência para exemplificá-lo.

Equipamento	Dimensões (mm)
Analisador de Gases 	Altura: 150 Largura: 290 Comprimento: 310

Quadro 2. Dimensões dos equipamentos selecionados

DETALHAMENTO DO PROJETO

Com o término da etapa de escolha de equipamentos, o levantamento informacional foi concluído, prosseguindo para o detalhamento do projeto, onde foram realizadas etapas como:

- a) Desenvolvimento da Estrutura;
- b) Acabamento;
- c) Estrutura de segurança;
- d) Análise Estática;
- e) Montagem final.

DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA

A primeira etapa realizada no detalhamento do projeto, foi o desenvolvimento da estrutura da bancada, onde para isto foi necessário primeiramente desenvolver um esboço inicial da bancada a partir da análise da arquitetura do produto definida anteriormente e também foram analisados nesta etapa aspectos de ergonomia definidos pela norma NR 17.

Com este esboço inicial, foi possível definir as principais dimensões da estrutura da bancada, sendo que isto foi feito através da análise das informações dimensionais dos equipamentos selecionados. A partir disto foi possível desenvolver a estrutura e também os suportes para cada equipamento que será instalado na parte interna da bancada. A figura abaixo (Figura 1) ilustra a estrutura desenvolvida.

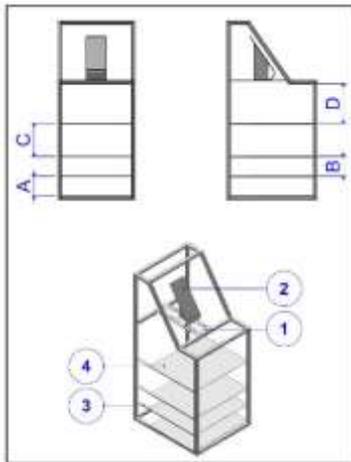


Figura 1. Estrutura da bancada e suporte para os equipamentos

ACABAMENTO

Com a conclusão estrutura da bancada, prosseguiu-se para etapa de acabamento, onde foram desenvolvidas as chapas que irão prover o acabamento externo para esta estrutura da bancada. Estas chapas deverão ser soldadas diretamente na estrutura, sendo que foram desenvolvidas também, nesta etapa, as portas que irão ser aplicadas e fixadas na estrutura através de dobradiças, visando facilitar o acesso, instalação e manutenção aos equipamentos que estarão na parte interna da bancada. A figura abaixo (Figura 2) ilustra o que foi desenvolvido.

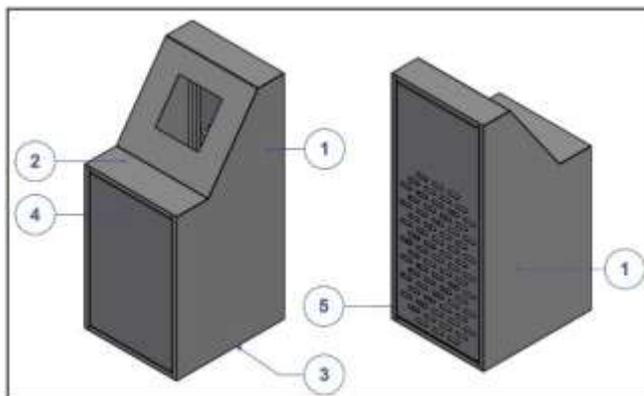


Figura 2. Aplicação de chapas

ESTRUTURA DE SEGURANÇA

Para a etapa de desenvolvimento da estrutura de segurança foram levantadas algumas considerações. Entre estas, foram analisadas as premissas definidas para o projeto, sendo que estas estão relacionadas aos tipos de motocicletas a serem testadas e também foi considerado que esta estrutura deve estar posicionada na bancada de uma forma que permita a realização do teste e ao mesmo tempo execute a sua função que é prover proteção ao usuário.

Após as considerações, foi desenvolvido o desenho da estrutura de proteção, sendo que este foi desenvolvido visando manter conformidade com a norma de segurança NR 12, descrita em partes no referencial teórico. Em paralelo com o desenvolvimento da estrutura foi desenvolvido também um suporte para o “tubo extensor” que é um componente necessário para realização dos testes de emissão de gases, sendo que este suporte foi desenvolvido visando facilitar a execução dos testes pelo usuário. A figura abaixo (Figura 3) ilustra a estrutura e suporte desenvolvidos.

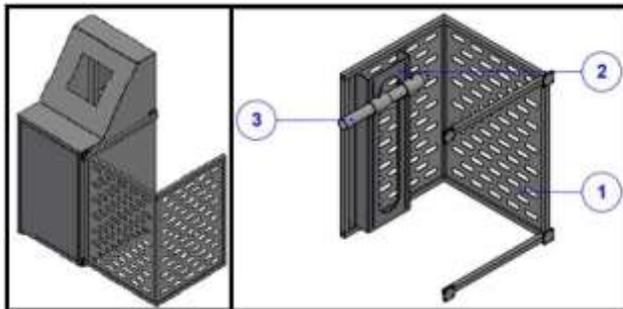


Figura 3. Estrutura de segurança e suporte para o tubo extensor

ANÁLISE ESTÁTICA

Esta etapa foi desenvolvida visando validar a estrutura projetada para a bancada, para isto, primeiramente foi realizada uma análise dos equipamentos escolhidos, a partir disto foi selecionado o que possuía a maior massa entre estes. Com este equipamento selecionado, foi desenvolvido um componente representativo com massa igual a deste selecionado e posteriormente foi aplicado um fator de segurança nesta massa.

Este componente foi inserido no local de instalação de todos os equipamentos que serão utilizados na bancada, desta forma simulando uma situação crítica para a mesma, ou seja, uma situação onde estará sendo aplicado um peso superior ao prático. A figura abaixo (Figura 4) ilustra a aplicação do componente representativo na estrutura.

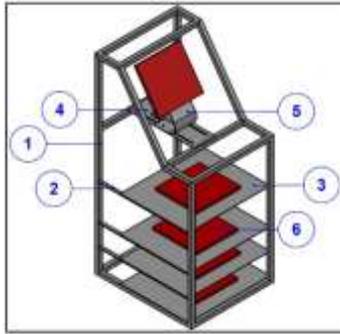


Figura 4. Aplicação do componente na estrutura

Após a aplicação do componente representativo na estrutura a mesma foi validada através de análises estáticas realizada a partir do *software* SolidWorks®, indicando que mesmo para a situação de sobrepeso simulada, a estrutura suportaria o peso dos equipamentos.

MONTAGEM FINAL

Com a validação da estrutura foi realizada a etapa de montagem final da bancada, onde foi realizada a união de todos os conjuntos projetados e também foram inseridos componentes representativos, como rodízios giratórios, dobradiças e equipamentos. Também foram desenvolvidos a partir desta etapa final os desenhos de fabricação assim como a lista de materiais e equipamentos que serão aplicados na bancada, finalizando desta forma o projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa serão descritos os resultados obtidos através do desenvolvimento do projeto da bancada.

Primeiramente obteve-se como premissa para o projeto, que a escolha de equipamentos já concebidos e comercializados seria o melhor para a aplicação da

bancada. Sendo que isto foi definido, após visualizar que desenvolver o projeto destes equipamentos juntamente com o projeto da bancada seria uma tarefa dificultosa, visto que para isto seriam necessários acadêmicos de outros cursos para desenvolver a parte eletrônica e de programação dos mesmos. Após o desenvolvimento ainda seria necessário homologar estes equipamentos, pois este é um requisito das instruções normativas adotadas, desta forma foi definido que para este projeto seria mais simples optar por equipamentos já concebidos.

Foi possível também ao decorrer da metodologia desenvolver e validar a estrutura da bancada. Onde está validação foi realizada através de análises estáticas, contendo como resultado a deformação resultante na estrutura a partir da aplicação de peso excessivo de equipamentos na bancada. Desta forma com os resultados apresentados na análise foi possível validar a estrutura, concluindo que a mesma suportaria o peso dos equipamentos, este resultado de deformação, obtido na análise está exemplificado na figura abaixo (Figura 5).

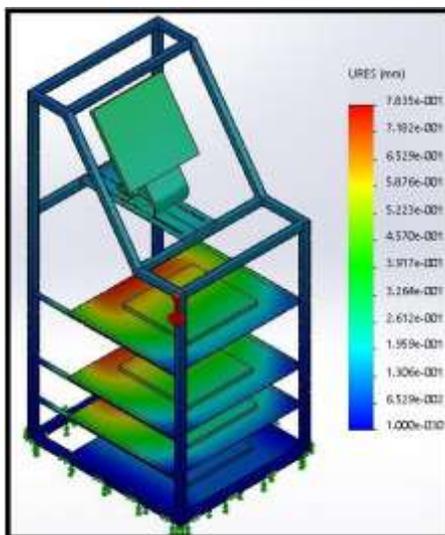


Figura 5. Análise estática da estrutura

Com a estrutura validada, foi possível realizar a montagem final da bancada, sendo que a partir disto foi possível desenvolver os desenhos de fabricação dos conjuntos da bancada e também foi desenvolvida a lista de materiais e equipamentos aplicados na mesma, sendo que estes se encontram no apêndice do trabalho acadêmico. A montagem final desenvolvida, pode ser visualizada na figura abaixo (Figura 6), onde estão instalados de forma representativa todos os

equipamentos e componentes que serão aplicados na bancada, assim como a motocicleta, ilustrando a execução dos testes.

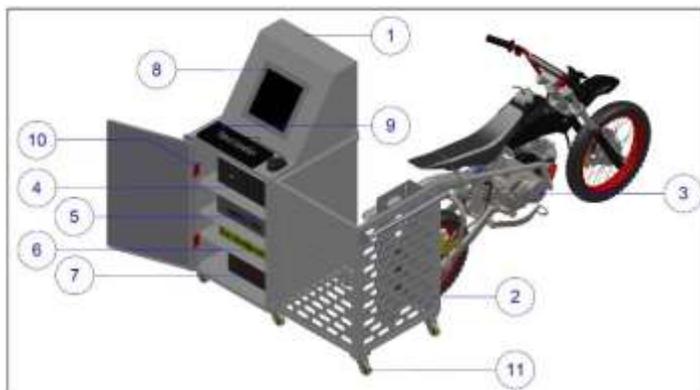


Figura 6. Montagem final da bancada

A partir da finalização do desenvolvimento do projeto, foi possível observar que existe funcionalidade na adaptação do processo de projeto adotada, pois a mesma permitiu através da iteração entre as etapas da metodologia, desenvolver o projeto completo da bancada.

CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos ao decorrer deste trabalho, é possível concluir que o que foi desenvolvido, permite a execução do projeto da bancada e que a mesma em funcionamento, permitirá a partir da utilização de equipamentos já concebidos e homologados, realizar testes de emissão no sistema de exaustão de motocicletas. Obtendo-se desta forma êxito no cumprimento do objetivo geral proposto, que era desenvolver o projeto executivo de uma bancada de testes que torne possível a realização de testes de emissão para o sistema de exaustão de motocicletas.

Com está conclusão, sugere-se que para a execução deste projeto, ou no desenvolvimento de projetos semelhantes, seja realizado o estudo de aplicação de um dinamômetro de chassi juntamente com a bancada, pois isto possibilitaria uma maior gama de testes e também testes mais avançados no sistema de exaustão das motocicletas.

REFERÊNCIAS

RADÜNZ, Jean Cláudio. **Bancada didática com motor vivo**. 2015. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Fahor - Faculdade Horizontina, Horizontina, 2015. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2015/JeanClaudioRadünz.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2016.

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada**. 4. ed. Santana: Bookman Editora Ltda., 2013. 1030 p.

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richar G.. **Projeto de Engenharia Mecânica**. ed. Santana: Artmed Editora S.a., 2008. 960 p.

MICHAELIS - DICIONÁRIO BRASILEIRO DA LÍNGUA PORTUGUESA (Brasil). **Motocicleta**. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=motocicleta>. Acesso em: 12 set. 2016.

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. São Paulo: Blucher, 2012. 554 p. (Volume 1).

OLIVEIRA, Carlos Alexandre de; ROSA, Andrea da. **Mecânica de Automóveis: Motores de combustão interna - Álcool e Gasolina**. Santa Maria: Senai, 2003. 116 p. Disponível em: http://www.escolaelectra.com.br/alumni/biblioteca/Apostila_motores_de_combustao_interna.pdf. Acesso em: 08 set. 2016.

KHALID, Alya. **How Motorcycle Exhaust System Works**. 2010. Disponível em: <http://www.mademan.com/mm/how-motorcycle-exhaust-system-works.html>. Acesso em: 09 set. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução Normativa. [s.l.]: IBAMA, 2010. 26 p. Disponível em: www.ibama.gov.br/phocadownload/category/4?download=186:6-8-2010. Acesso em: 20 set. 2016.