



LABORATÓRIO DIVERGENTE: CONVERGINDO PRÁTICAS DE ENSINO E DE PESQUISA

João Paulo Puccette Nenhentalla Flauzino – jppnf1@hotmail.com

Anaira Noia de Souza – anairasouza@hotmail.com

Carlos Wagner Moura e Silva – carlosmoura@leopoldina.cefetmg.br

Henrique B. Rezende – henriqueb_rezende@hotmail.com

Thiago C. Grilli – thiagogrilli@hotmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – *Campus Leopoldina*

Rua José Peres nº 558 Centro

36700-000 – Leopoldina – Minas Gerais

***Resumo:** Com a mudança do cenário fabril brasileiro, as organizações carecem por mão-de-obra técnica especializada. Para atender essa necessidade as instituições acadêmicas têm feito investimentos para melhorar as condições de ensino. Porém, mesmo diante de todo os esforços para aperfeiçoar os mecanismos de suporte ao ensino, um número significativo de alunos não tiveram a oportunidade de ter aulas em laboratórios de ensino com condições adequadas. O presente trabalho tem como objetivo apresentar um projeto para a criação de um kit didático desenvolvido por alunos do curso de engenharia de controle e automação e utilizado por alunos do curso técnico. Projeto esse, que permite aos alunos da graduação aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso passando de uma prática de laboratório tradicional para aprendizado em um laboratório de projeto. Dessa forma, com a criação desse instrumento de ensino os alunos da escola técnica poderão passar de um ensino de laboratório mais demonstrativo para um laboratório de ensino tradicional ou até mesmo para um laboratório divergente.*

***Palavras-chave:** Laboratórios, Aprendizagem, Kit didático, Pesquisa.*

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento do cenário mercantil brasileiro e o conseqüente avanço tecnológico no parque industrial, o setor fabril vem necessitando cada vez mais de mão-de-obra técnica especializada para atender a exigência do mercado por profissionais qualificados (KAWAMURA, 1981). Com esse crescente aumento, devido ao rápido processo de globalização, exigiu-se um maior investimento nas instituições de ensino técnico e superior para elevar o número de ofertas de vagas para atender a demanda do mercado. Dessa forma, de acordo com o censo realizado pelo MEC (PORTAL DO MEC, 2010) pode-se identificar um crescimento de 74,9% no número de matrículas na educação profissional entre os anos de 2002 e 2010. E neste mesmo período, segundo (OLIVEIRA, 2011), houve um aumento de 141,7% de inscrições nos cursos superiores em engenharia.

Apesar das estatísticas apresentadas, de acordo com a OECD (Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento) o Brasil é o país que menos forma



engenheiros se comparado com outros países emergentes tais como: Coréia do Sul, Rússia e Japão. Analisando o percentual do número de concluintes em engenharia em relação a quantidade total de formandos no ensino superior pode-se observar que o Brasil forma 5% de engenheiros em relação aos graduados no 3º grau, valor inferior ao da média de 14% estimada pela OECD e dos valores observados na Coréia do Sul (25%), Japão (19%), Rússia (18%) (FILHO, 2013).

De acordo com este cenário, mesmo com os investimentos na área de educação, os alunos do curso superior vivenciam uma ânsia por aplicar de forma prática o conhecimento especulativo adquirido no interior das instituições de ensino, fato que também é observado para o ensino médio. Segundo o censo realizado pelo MEC no ano de 2010, 70% dos alunos do ensino médio e fundamental não tiveram aulas em laboratórios. Esses dados correspondem à rede de ensino brasileiro no âmbito público e privado (SALUSTIANO, 2011). Esse reflexo também pode ser observado nas escolas técnicas de ensino médio (FERREIRA & SILVA, 2011).

Além disso, segundo o MEC, menos da metade dos alunos do segundo grau (30%) tiveram a oportunidade de adquirir algum conhecimento prático nas oficinas. Dos laboratórios que estavam sendo utilizados para agregar conhecimento aos discentes, muitos deles, funcionam em condições precárias. Em muitos casos não existem práticas institucionais formalizadas para fazer a manutenção e quando essas práticas existem, não há dinheiro disponível para fazer a manutenção (PORTAL DO PROFESSOR, 2009).

Tomando por base o cenário apresentado, o presente trabalho visa mostrar um projeto realizado para otimizar as condições dos laboratórios do Centro Federal da Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus Leopoldina. Este trabalho foi feito com a criação de kits didáticos. Essa proposta buscou proporcionar aos alunos, a Instituição de Ensino e a sociedade em geral a oportunidade de ter uma maior qualidade dos centros de formação, o que permitirá uma elevação na qualificação do discente e por consequência, um nível global de competitividade na economia brasileira muito maior (FERREIRA, 1978).

2. LABORATÓRIOS: CONCEITUAÇÃO

De acordo com um estudo apresentado pelo SENAC (SENAC, 2009) os laboratórios didáticos podem ser divididos em 4 categorias distintas: laboratório de demonstração, laboratório tradicional, laboratório divergente e laboratório de projeto.

O laboratório de demonstração é um ambiente em que as práticas são realizadas apenas pelo professor. Desse modo o discente não se envolve com o processo e com os equipamentos, é um mero espectador e acompanha todas as etapas de raciocínio lógico no decorrer da apresentação efetuada pelo docente.

No laboratório tradicional ou convencional a participação do estudante é mais ativa, podendo fazer a análise dos dados por meio do manuseio de equipamentos e dispositivos experimentais. Tudo feito de forma rígida de acordo com um roteiro pré-estabelecido.

As práticas dentro de um laboratório divergente ocorrem de forma mais dinâmica que o laboratório tradicional, pois os discentes podem determinar a sequência das ações a serem tomadas dentro do plano a ser executado, assim como fazer o desenvolvimento e análise de dados do experimento em desenvolvimento.

Em um laboratório de projeto o estudo está mais voltado para uma futura profissão, dessa forma, sua configuração exige total disponibilidade dos equipamentos e demanda



uma orientação constante. Nessa oficina, é necessário que o discente já tenha experiência em outros laboratórios, pois ele será responsável por determinar o tema a ser abordado, por elaborar o cronograma de tarefas a ser cumprido e também ficará a cargo de definir as estratégias a serem utilizadas para execução do projeto (GRANDINI, 2005).

3. LABORATÓRIO: SURGIMENTO DA NECESSIDADE

Com a ânsia por aplicar de forma prática o conhecimento teórico adquirido dentro de sala, os discentes do nível superior viram como uma excelente oportunidade a chance de vivenciar os estudos em um laboratório de projetos. Uma vez que todos os estudantes envolvidos no projeto, foram alunos do curso técnico de mecânica industrial do CEFET - MG e em algumas disciplinas sentiram a necessidade de terem aulas em laboratórios tradicionais. Dessa forma, formou-se a idéia de criar um kit didático para a disciplina de manutenção de motores com materiais já disponíveis na Instituição. Esse projeto foi desenvolvido para os cursos técnicos em mecânica e eletromecânica. Dessa forma entende-se que essa é uma oportunidade para que os alunos curso técnico tenham a chance de terem aulas em laboratórios tradicionais/divergentes e aos alunos da graduação a oportunidade de evoluir de um laboratório tradicional/divergente para um laboratório de projetos.

4. MATERIAS E MÉTODOS

O projeto da bancada didática de motores consiste na acoplagem de um motor elétrico com um motor mecânico por meio de um jogo de polias, onde a primeira máquina é responsável por iniciar o funcionamento do sistema. Após o início do movimento do gerador elétrico, o jogo de roldanas é movido através de um conjunto de correias que tem como função transmitir a energia gerada no motor elétrico para o motor mecânico, fazendo-o movimentar.

4.1. Dimensionamento do projeto

As fórmulas utilizadas para o cálculo da velocidade angular e velocidade linear geradas pelo motor elétrico e da velocidade angular transmitida para o motor mecânico por meio do jogo de polias e correias ligadas à máquina elétrica são apresentadas no Quadro 1. A seleção para a utilização dessa bibliografia como referência ocorreu devido a sua intensa aplicação como instrumento de orientação para os alunos dos cursos técnicos.



Item	Descrição	Fórmula	Equação
Rotações (RPM)	Equação para o cálculo para o número de rotações (n) em função do diâmetro (d_n)	$n_1 d_1 = n_2 d_2$	(1)
Frequência (f)	Número de ocorrência de um evento em um intervalo de tempo em função da velocidade angular (ω)	$f = \frac{\omega}{2\pi}$	(2)
Rotação (n)	Número de ciclos que um ponto material descreve em um minuto	$n = 60f$	(3)
Velocidade Linear (v)	Distância linear (d), retilínea, percorrida em um determinado intervalo de tempo (t)	$v = \frac{d}{t}$	(4)

Quadro 1 - Fórmulas matemáticas utilizadas no projeto (Melconian, 2010).

4.2. Montagem da Bancada didática de motores

A montagem da bancada didática de motores será realizada após a finalização do dimensionamento do seu projeto. Essa atividade será realizada com o apoio do setor de manutenção da instituição (usinagem, marcenaria e pintura). Dessa forma seria feito o desmanche, quando necessário e possível, das partes que compõem o motor para que se possa fazer a pintura das mesmas. Além disso, seria feito um corte longitudinal na estrutura do protótipo, pois após a montagem com as peças pintadas a abertura facilitaria na visualização, Figura 1. Veja, na Figura 2, como a maquiagem feita facilita na percepção das peças e contribuiu para a visualização das mesmas em outro ângulo de visão. Com isso acredita-se que a distinção de cor entre os componentes facilitaria a assimilação dos alunos para a importância de cada parte no sistema e para destacar o processo de movimento de cada componente.

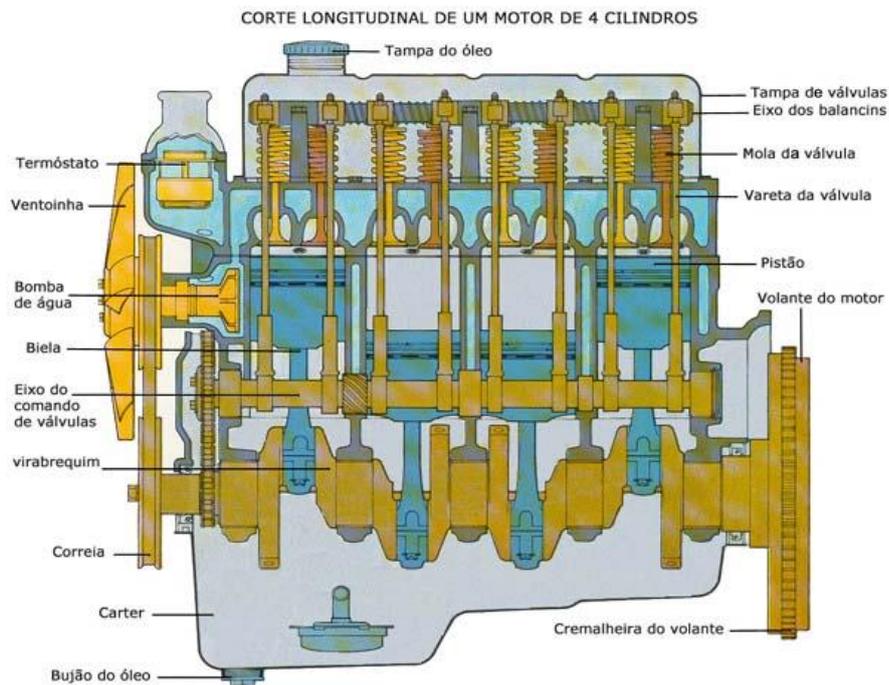


Figura 1 – Representação de um motor 4 cilindros em corte logitudinal (Costa, 2010).

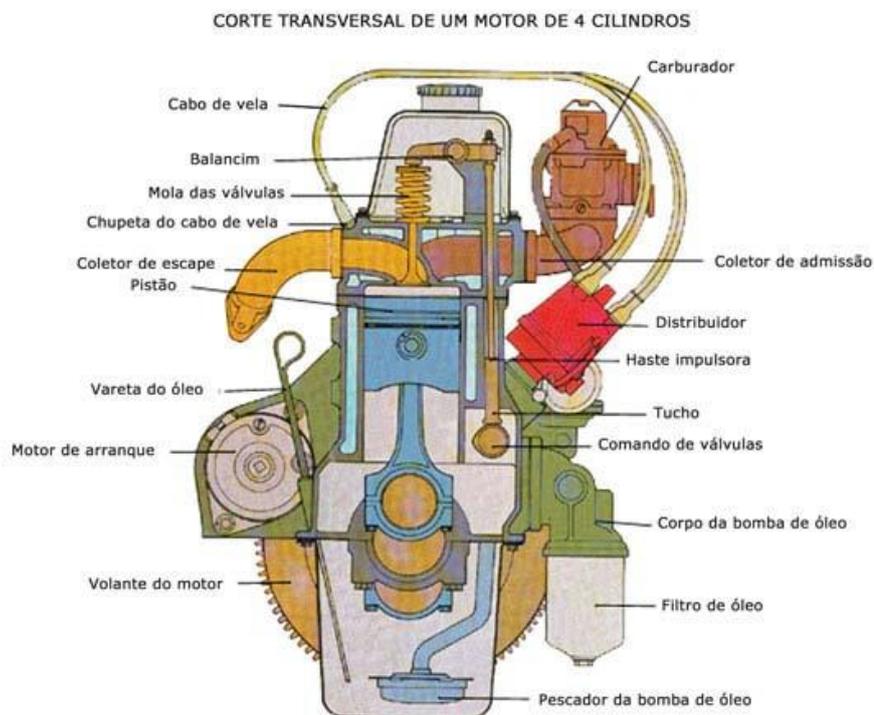


Figura 2 – Representação de um motor 4 cilindros em corte transversal (Costa, 2010).



5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dimensionamento do projeto

Após o levantamento dos materiais disponíveis na instituição, verificou-se a possibilidade de utilização de um motor monofásico de ¼ CV de potência. O Quadro 2 contém informações retiradas da placa de identificação do motor elétrico utilizado no projeto. Dessa relação extraíram-se referências para serem utilizadas nos cálculos.

Item	Descrição
Marca	ERBELE
Modelo	856.0296
Potência	1/4 CV
Fator de Serviço (Fs)	135
Frequência	60 Hz
Corrente de partida (Ip)	21
Rotação (RPM)	1730
Tensão	110/220V
Polos	4
Regime	5:1
Corrente de Partida/Corrente Nominal (Ip/In)	4,5
Isolamento (Isol)	B
Corrente	6/3

Quadro 2 - Dados de identificação do motor monofásico.

Após a coleta das informações e obtenção de material para serem utilizadas no protótipo do kit didático, iniciou-se a análise matemática para dimensionar o real funcionamento do sistema, como pode ser observado abaixo:

Substituindo a Equação (2) na Equação (3), Quadro 1, em função da frequência obtêm-se em função da frequência a Equação (5), referente ao número de rotações.

$$n = \frac{30\omega}{\pi} \quad (5)$$

Observando a Equação (4), Quadro 1, e relacionando distância (d) com o comprimento de uma circunferência ($d = 2\pi R$), tem-se a Equação (6) para velocidade linear e a Equação (7) para velocidade angular.

$$v = \frac{2\pi R}{t} \quad (6)$$

$$v = \omega R \quad (7)$$

Logo, através dos dados obtidos pela placa de identificação do motor elétrico, Quadro 2, e da Equação (5) foi calculada a velocidade angular do motor elétrico ($\omega_1 = 181,6 \text{ rad/s}$), para $n_1 = 1730 \text{ rpm}$, Equação (8).

$$\omega = \frac{1730\pi}{30} \quad (8)$$

Utilizando a Equação (1), Quadro 1, foram calculadas as velocidades angulares para o motor mecânico para 2 possibilidades de montagens com as roldanas. Esses valores são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores da velocidade angular para o motor mecânico.

Parâmetros	Caso 1	Caso 2
Diâmetro da polia motora (d)	60 mm (d_1)	230 mm (d_2)
Diâmetro da polia movida (d)	220 mm (d_3)	220 mm (d_3)
Equação	$\omega_1 d_1 = \omega_2 d_3$	$\omega_1 d_2 = \omega_3 d_3$
Velocidade angular (ω)	$\omega_2 = 49,407 \frac{rad}{s}$	$\omega_3 = 189,39 \frac{Rad}{s}$

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que:

- para o Caso 1: quando o diâmetro da polia do motor elétrico é menor do que a polia no motor mecânico há uma redução da velocidade angular, se comparada com a velocidade referente ao da máquina responsável pelo início do movimento;
- para o Caso 2: observa-se o efeito contrário ao do Caso 1, há um aumento da velocidade angular.

Continuando o dimensionamento do projeto, foram calculadas a velocidade linear e o número de rotações para o motor mecânico, Equação (1). O resultado é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores da velocidade linear e rotação para o motor mecânico.

Parâmetros	Caso 1	Caso 2
Diâmetro da polia motora (d)	60 mm (d_1)	230 mm (d_2)
Diâmetro da polia movida (d)	220 mm (d_3)	220 mm (d_3)
Equação para velocidade linear	$v_1 = \omega_1 \frac{d_1}{2} 10^{-2}$	$v_2 = \omega_1 \frac{d_2}{2} 10^{-2}$
Velocidade linear (v)	$v_1 = 5,43 \frac{m}{s}$	$v_2 = 20,8334 \frac{m}{s}$
Equação para o número de rotações	$n_1 d_1 = n_2 d_3$	$n_1 d_2 = n_2 d_3$
Número de rotações	$n_2 = 471,81 \text{ rpm}$	$n_2 = 1808,6363 \text{ rpm}$

Para o objetivo proposto, a velocidade linear existente no motor mecânico gerado pelo motor elétrico apresentou-se suficiente em ambos os casos para condições normais de funcionamento do motor mecânico. Porém, o motor mecânico não se encontrava em perfeito estado, uma vez que estava parado em um depósito, sem lubrificação e com algumas peças empenadas. Os orifícios de condução do óleo estavam entupidos, a bomba de sucção estava deteriorada, válvulas de escape desreguladas e a bomba de óleo danificada. Todos esses fatores somados, juntamente com a análise de que a velocidade de funcionamento gerada era relativamente alta para fins didáticos, ou seja, não permitia a visualização dos 4 tempos motores de forma lenta, inviabilizou a proposta do projeto utilizando as polias até então disponibilizadas. Mediante esta situação, foi realizada uma



consulta ao setor de usinagem da escola para analisar a proposta de fabricação de novas polias para atender ao projeto. Contudo, como não estava previsto a compra de materiais para este projeto e sim a utilização de material já pré-existente na instituição, inicialmente optou-se pela utilização de um inversor de frequência para comandar a velocidade de saída o motor elétrico ao invés de fabricar as polias.

5.1.1. Redimensionamento do projeto

5.1.2. A utilização do Inversor de Frequência no projeto

Um inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico, regulando, dessa forma, a potência consumida pela carga. Não produz aquecimento excessivo quando o motor opera em baixas rotações pelo fato de as características da tensão de saída ser em função da frequência (LINO, 2013). No caso específico, o inversor de frequência é utilizado para controlar a rotação de um motor assíncrono (de indução). Isto é alcançado através do controle micro processado de um circuito típico para a alimentação do motor composto de transistores de potência que chaveiam rapidamente uma tensão Corrente Contínua, modificando o valor da potência e o período de rotação. Ao controlar a rotação do motor, busca-se flexibilizar a fugacidade com que o motor se movimenta.

Com isso pode-se ter um dispositivo que auxiliaria na redução da velocidade de partida do motor responsável por gerar o movimento inicial. Por consequência a rotação da polia movida seria reduzida, obtendo dessa forma, um deslocamento de pistões em condições didáticas, possibilitando observar a movimentação das peças e o desenvolver do processo de funcionamento de um motor mecânico.

Porém, não foi possível dar andamento no protótipo do kit didático com a inserção do inversor de frequência, uma vez que existem apenas 2 inversores de frequência disponíveis na instituição para serem utilizados em laboratórios.

Dessa forma, optou-se a utilização de um sistema manual: uma manivela para movimentar o conjunto mecânico.

5.1.3. A inserção da manivela como controladora da velocidade do motor mecânico

Devido aos empecilhos ocasionados pela rotação elevada com implementação do sistema apenas com as roldanas existentes no interior do laboratório da instituição e pela dificuldade encontrada na utilização do inversor de frequência, foi necessário buscar como terceira alternativa a colocação de uma manivela juntamente com a polia acoplada no volante do motor. Com essa nova implementação na estrutura do kit, torna-se desnecessário a utilização do motor elétrico, uma vez que o deslocamento do processo ocorrerá de forma manual. Essa mudança não irá gerar nenhum esforço físico maior para o professor, uma vez que todo o conjunto mecânico estará previamente lubrificado, facilitando assim, a movimentação das peças que compõem o sistema.

Por consequência o modelo educacional perderá a necessidade da utilização do jogo de polias que tem função estritamente de transferência de energia, no sistema. Com isso alguns pontos didáticos deixaram de ser abordados de forma tão clara quanto seriam, como por exemplo, a relação de transmissão, rendimento das transmissões, transmissão por correntes, dentre outros. Mesmo diante de todas essas dificuldades, o docente poderá

determinar o desenvolvimento dos 4 tempos motores. Sendo assim, o processo se torna mais didático e não apresentará problemas referentes a falta de lubrificação do motor, uma vez que essa lubrificação poderá ocorrer manualmente já que o processo acontecerá em baixa velocidade.

5.2. Dimensionamento do projeto

A montagem da bancada didática de motores foi realizada após a finalização do dimensionamento do seu projeto. Construiu-se a estrutura metálica do kit didático com Metalon. Com o auxílio do setor de marcenaria, o esqueleto do kit didático foi coberto com madeira USB e para fabricar as portas foram utilizados quadros de aula que estavam sucateados, Figura 3.



Figura 3 - Bancada didática de motores finalizada.

Com o apoio do setor de manutenção, foram efetuadas pinturas nas partes que compõem o motor, Figura 4. Essas peças correspondem aos componentes desprendidos que irão ficar como mostruário para os discentes.



Figura 4 – Virabrequim após o processo de pintura.

Os cortes efetuados no corpo do motor mecânico foram executados com o apoio do serviço de manutenção mecânica. Além disso, seria feito um corte longitudinal na estrutura do protótipo, de tal forma que após a montagem com as peças pintadas a abertura facilitaria na visualização, Figura 5.

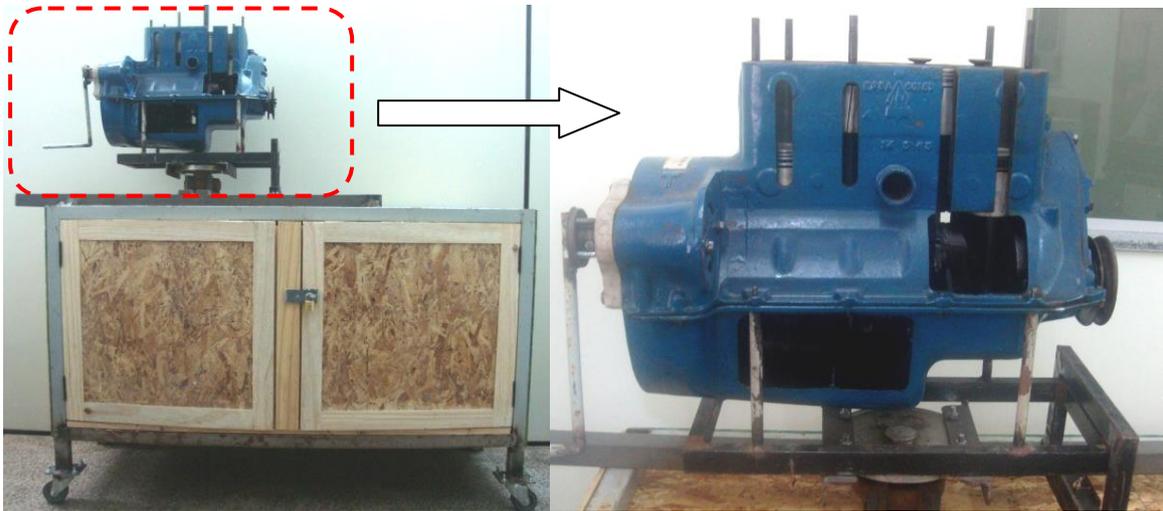


Figura 5 - Motor do kit didático em corte.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Contudo, conseguimos alcançar o objetivo proposto. Com a criação do kit didático os alunos do curso superior em engenharia conseguiram desenvolver e implementar o projeto do kit didático de motores, aplicando de forma prática o conhecimento teórico adquirido. Aprendendo assim, a conviver e superar a adversidades da criação de um projeto. Evoluindo dessa forma, de um laboratório tradicional, para um laboratório de projetos.

Com a utilização da bancada do kit didático do motor nos laboratórios dos cursos técnicos, os alunos do ensino técnico evoluíram de aulas laboratoriais demonstrativas para aulas laboratoriais mais dinâmicas, atividades de um laboratório divergente.

Além disso, em um segundo momento, espera-se ter um modelo de equipamento com as mesmas características do motor mecânico existente no kit didático. Esse novo modelo seria desmanchado por definitivo e todas as suas peças seriam pintadas com as mesmas cores da parte correspondente ao motor da bancada didática.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG e ao CEFET-MG pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, P. G. **Motor**. Disponível em: <<http://centroautomotivo.com/2010/02>> Acesso em: 25 abr. 2013.

FERREIRA, D.C.; SILVA, C.W.M. Implementação Da ISO-17025 em Laboratórios de Instituições de Ensino Tecnológico: Realidade ou Utopia. Anais: VI – Congresso Brasileiro de Metrologia. Natal: UFRN, 2011.

FERREIRA, N.C. Proposta de Laboratório para a Escola Brasileira: um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física. São Paulo, 1978. 138 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo – USP.

FILHO, R. L. L. e S. **Mais Engenheiros para o Brasil**. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=67881>> Acesso em: 23 abr. 2013.

GRANDINI, N.A; GRANDINI, C.R. Importância e Utilização do Laboratório Didático na Visão de Alunos Ingressantes da UNESP/BAURU. Anais: VIII – Congresso Estadual Paulista Sobre Formação de Educadores. Bauru: UNESP, 2005.

KAWAMURA, Lili Katsuco. Engenheiro: trabalho e ideologia. 2. ed. São Paulo: Ática, n. 57, 1981 (Ensaio).

LINO, L. **O que é um inversor de frequência**. Disponível em: <http://www.digel.com.br/novosite/index.php?option=com_content&view=article&id=70:como-funciona-um-inversor-de-frequencia&catid=42:tecnicos&Itemid=69> Acesso em: 26 abr. 2013.

MELCONIAN, Sarkis. Elementos de máquinas. 9. ed. São Paulo: Érica, 2010. 376 p, il.

OLIVEIRA, V. F. **Observatório da Educação em Engenharia: Estudo sobre a evolução dos cursos de Engenharia – UFJF**. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/Arquivos/58/58.pdf>> Acesso em: 22 abr. 2013.

PORTAL MEC. **Censo registra 51,5 milhões de matriculados em 2010**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16179> Acesso em : 25 abr. 2013.

PORTAL DO PROFESSOR. **Laboratórios**. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000013620.pdf>> Acesso em: 27 abr. 2013.

SALUSTIANO, A. M. **Alunos se prejudicam com falta de estrutura nas escolas**. Disponível em: <<http://www.sintepe.org>> Acesso em: 22 abr. 2013.

SENAC. **Função pedagógica e perspectivas atuais**. Disponível em: <http://www.senac.br/media/6705/perfil_laboratorios.pdf> Acesso em: 27 abr. 2013.



LABORATORY DIVERGENT: CONVERGING TEACHING PRACTICES AND RESEARCH

***Abstract:** With the changing scenario of the Brazilian industrial, organizations need for hand labor specialized technique. To meet this need the academic institutions have made investments to improve teaching conditions. However, despite all efforts to improve the mechanisms for support of teaching, a significant number of students have not had the opportunity to take classes in teaching laboratories with appropriate conditions. This paper aims to present a project for the creation of a teaching kit developed by students of control engineering and automation and used by students of the technical course. This project that allows undergraduate students to apply the knowledge acquired throughout the course from a practice lab to traditional learning in a lab project. Thus, with the creation of this instrument teaching the technical school students can spend a teaching laboratory for a laboratory demonstration more traditional teaching or even to a laboratory divergent.*

***Key-words:** Laboratories, Learning, Teaching kit, Research.*