



DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS PARA UTILIZAÇÃO EM LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Gabriel Antônio Francisco de Oliveira*¹, Lucas Frazão Bispo¹, Mariana Guimarães dos Santos¹, Patrick Oliveira dos Santos¹ e Renan Moura e Souza¹

¹IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Formiga

Resumo – Os Motores de Indução Trifásicos (MIT's) estão presentes em quase todas as atividades que envolvem a manipulação de cargas em ambientes industriais. Assim, o estudo do funcionamento destes dispositivos é fundamental para diversos cursos de graduação, como o curso de engenharia elétrica e o de controle e automação, por exemplo. Trata-se de um tema que exige, além de uma formação embasada em conceitos teóricos, experiência prática com montagens de circuitos de comando e circuitos de força para execução do acionamento e controle dos motores. Assim, são necessários laboratórios equipados para promover um aprendizado adequado que aproxime o discente da realidade que será encontrada no mercado de trabalho. As bancadas didáticas comercializadas não reproduzem situações encontradas nos ambientes industriais e possuem um custo elevado, impossibilitando a aquisição de bancadas em número adequado, comprometendo assim a formação discente. Este trabalho apresenta um projeto de bancada de custo reduzido com o propósito de aproximar as aulas laboratoriais das condições encontradas nas situações reais. O projeto desenvolvido é comparado com o de outras bancadas comercializadas, apresentando-se como uma excelente alternativa, tanto no que se refere ao número e variedade de componentes, quanto no que diz respeito ao custo total do equipamento.

Palavras-Chave – Bancada Didática, Ensino, Acionamentos e Motores de Indução Trifásicos.

DEVELOPMENT OF A DIDACTIC BANK OF ELECTRIC WIRING FOR USE IN ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORIES

Abstract - Three Phase Induction Motors are present in almost all activities involving the handling of loads in industrial environments. Thus, the study of the operation of these devices is fundamental for several undergraduate courses, such as the electrical engineering course and the control and automation course, for example. It is a topic that requires, in addition to training based on theoretical

concepts, practical experience with assemblies of control circuits and power circuits to execute the drive and control of the motors. Thus, equipped laboratories are necessary to promote an adequate learning that brings the student closer to the reality that will be found in the job market. The commercialized didactic workplaces do not reproduce situations found in industrial environments and have a high cost, making it impossible to acquire benches in adequate numbers, thus compromising student training. This work presents a low cost bench project with the purpose of bringing the laboratory classes closer to the conditions found in real situations. The developed design is compared with other commercial benches, presenting as an excellent alternative, both in terms of the number and variety of components, as well as with regard to the total cost of the equipment.

Keywords - Didactic bench, teaching, Drives and Three Phase Induction Motors.

I. INTRODUÇÃO

Os motores elétricos são equipamentos que transformam energia elétrica em mecânica. Possuem ampla aplicação nas mais diversas atividades, realizando a manipulação e o transporte de diferentes cargas, sejam em ambientes residenciais, comerciais ou industriais. Estima-se que 46% de toda a energia consumida no Brasil é utilizada para atender as indústrias e 68% deste total é utilizada para acionamento de motores elétricos [1]. O instante de partida é crítico para o funcionamento destes dispositivos, pois neste instante a máquina demanda uma corrente elevada, que pode chegar de seis a dez vezes o valor da sua corrente nominal [2]. Assim, em muitas aplicações faz-se necessário a utilização de métodos de partida com intuito de reduzir tais correntes. Dada a relevância deste assunto para o entendimento do funcionamento e operação das máquinas, os cursos de engenharia e cursos técnicos, possuem em suas grades, disciplinas específicas para o estudo a respeito do acionamento de motores. Tais disciplinas abordam, normalmente, as questões teóricas relacionadas ao funcionamento dos dispositivos de proteção e comando, e também aulas de laboratório para execução dos ensaios de

partida das máquinas. As Instituições de ensino possuem um papel importante na formação de uma mão de obra qualificada, garantindo aos alunos maior competitividade e inserção no mercado de trabalho [3] e [4]. Uma alternativa para prover esta formação é por meio da utilização de bancadas didáticas comercializadas por empresas especializadas. No entanto, na maioria das vezes estas apresentam, além de custo elevado, disposição de equipamentos muito distante das situações reais [5]. No que diz respeito as práticas para desenvolvimento de habilidades de acionamentos de motores, do ponto de vista da aprendizagem, as bancadas comercializadas apresentam alguns problemas, podendo-se destacar: (i) os alunos não trabalham diretamente com os componentes, (ii) as bancadas didáticas contribuem para o aprendizado do funcionamento do componente e muitas vezes não ilustram a sua aplicação em situações reais, (iii) a disposição dos componentes não traduz a realidade encontrada no ambiente de trabalho, (iv) alguns componentes possuem ligações através de bornes já ligados pelo fabricante em painéis, e os alunos sequer conhecem o equipamento e (v) os alunos não desenvolvem habilidades práticas de manuseio de ferramentas, equipamentos, manuais e folha de especificações de componentes, uma vez que os roteiros propostos já apresentam as ligações que devem ser realizadas detalhadamente. Além disso, verifica-se que o preço para aquisição de tais equipamentos é elevado, impedindo com que as instituições de ensino adquiram estes equipamentos em quantidade satisfatória.

Diante do exposto, este projeto pretende desenvolver uma bancada para o atendimento aos cursos de engenharia e técnicos para o estudo da operação e acionamento de máquinas elétricas. O objetivo é desenvolver um projeto de bancada, de custo reduzido, que seja adequada às instalações e espaços físicos dos laboratórios do IFMG campus Formiga e que possua componentes e características semelhantes às encontradas no mercado de trabalho.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO

O setor industrial alerta para uma formação de mão de obra sem a qualificação necessária para inserção direta no mercado de trabalho. Em tais situações, as empresas normalmente precisam recorrer a formações complementares para adequação do egresso em sua função, [3] e [4]. Esta situação pode estar associada a fatores tais como: (i) formação baseada apenas na teoria, (ii) falta de laboratórios equipados e modernos para desenvolvimento de habilidades práticas, (iii) formação ampla o que faz com que o aluno conheça superficialmente os conteúdos e (iv) bancadas didáticas que não reproduzem as condições encontradas no mercado de trabalho.

Diante do exposto, o objetivo da pesquisa proposta está na melhoria da formação discente utilizando-se estruturas laboratoriais adequadas tanto em número de bancadas, quanto na aproximação aos ambientes encontrados no mercado de trabalho. [3], [4] e [6].

Demonstrando a relevância deste tema, algumas instituições de ensino, percebendo as dificuldades citadas, desenvolveram bancadas específicas a fim de melhorar a qualificação de seus alunos para o mercado de trabalho [7]. Pode-se listar algumas instituições, dentre elas:

- Instituto Federal de Pernambuco (IFPB): desenvolvimento de Módulos Didáticos para Ensino de Técnicas de Instalações Elétricas Prediais no Instituto Federal de Pernambuco (IFPB).
- Universidade Federal do Maranhão (UFMA): inserção de novas metodologias e tecnologias nos laboratórios do curso de engenharia elétrica.
- Universidade de São Paulo (USP): desenvolvimento de bancadas para ensino de técnicas de instalações elétricas.
- Escola Técnica de Furnas (São José da Barra – MG): criação de boxes didáticos para aulas práticas de instalações elétricas.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI): utilização de boxes pré-moldados nas realizações de suas práticas na área de instalações elétricas residenciais e industriais.

Observa-se que estas iniciativas de construção de bancadas didáticas são mais evidentes para o conteúdo de instalações elétricas residenciais e prediais. Com relação ao conteúdo de acionamento de motores, as instituições, normalmente, optam pela aquisição das bancadas comercializadas.

Além disso, algumas empresas privadas, identificando a necessidade de utilização de bancadas didáticas em laboratórios de instituições de ensino, têm desenvolvido kits educacionais na tentativa de solucionar tais problemas [8]. No entanto, tais equipamentos não representam com fidelidade o cenário encontrado na realidade e, além disso, não permitem, normalmente, variações nas montagens, restringindo as aulas práticas àquelas sugeridas [9].

As Figuras 1 e 2, apresentam ilustrações de bancadas de acionamentos comercializadas.



Figura 1: Bancada IERP, Kit de Lorenzo, utilizada no IFMG – Campus Formiga [9].



Figura 2: Bancadas Didáticas para Treinamentos WEG [10].

O Kit D’Lorenzo, Figura 1, é o modelo de bancada presente no laboratório e máquinas elétricas do IFMG *Campus Formiga*.

Observa-se que os kits atualmente comercializados, embora atendam a expectativa de relacionar os conhecimentos teóricos com a prática, deixam a desejar no aspecto de adequação a realidade encontrada no mercado de trabalho.

A Figura 3 apresenta um outro modelo de bancada comercializada, na qual pode-se perceber que os alunos não têm acesso aos dispositivos, que ficam na parte de trás da bancada. Desta forma, os mesmos não fazem a energização e as conexões dos componentes diretamente, apenas por meio de bornes. Um aluno que tiver acesso apenas a este tipo de bancada, sequer chega a conhecer o dispositivo propriamente dito, apenas sua simbologia.

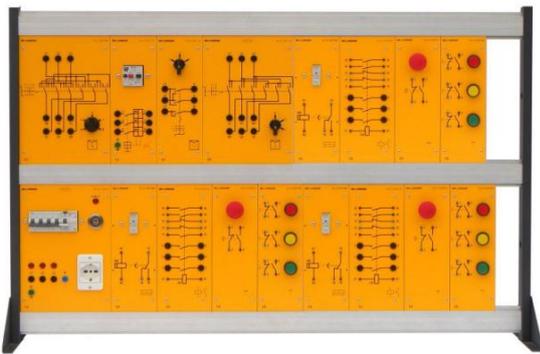


Figura 3: Bancada DL 2102TB – Kit de Lorenzo [11].

Percebe-se que algumas bancadas priorizam a variedade de componentes para execução de ligações, não se preocupando em relacionar o ambiente de trabalho das bancadas, com o ambiente real encontrado no mercado de trabalho. Já outras tentam reproduzir os cenários encontrados na vida profissional, mas não trazem equipamentos modernos e variados. Esse conjunto de aspectos acaba por prejudicar a formação do aluno, principalmente os alunos dos cursos técnicos, cuja base da formação é a parte prática.

Importante também avaliar a questão do alto custo das bancadas, o que indiretamente tem um impacto na formação do discente, pois por insuficiência de recursos financeiros os laboratórios não são equipados com a variedade de equipamentos desejável. A Tabela 1 apresenta os preços unitários das bancadas ilustradas pelas Figuras 1 e 2.

Tabela 1: Preço unitário das bancadas didáticas [8].

Descrição	Investimento unitário	Empresa fornecedora
Bancada Didática para Treinamento: Bancada BDMW + 2 Modulo Eletrotécnica	R\$ 33.530,00	WEG Equipamentos Elétricos S.A
IERP	R\$ 24.435,00	De Lorenzo do Brasil

Observa-se que as bancadas possuem um custo elevado e que a forma como os componentes são dispostos (utilizando-se bornes), impede que o aluno realize as ligações dos mesmos. Este layout nada se assemelha as situações

encontradas na prática, especialmente em ambientes industriais.

Desta forma acredita-se que o desenvolvimento de bancadas de baixo custo permitirá uma adequação dos ambientes laboratoriais à realidade encontrada no mercado de trabalho e também aos espaços físicos disponíveis nas Instituições. Além disso, possibilita a aquisição de um número maior de equipamentos, o que pode resultar em uma melhoria na qualidade do ensino.

III. OBJETIVO DO PROJETO

O objetivo principal deste projeto é a concepção e desenvolvimento de um projeto de uma bancada didática mais próxima da realidade profissional, para atendimento às disciplinas ligadas à área de acionamentos de máquinas elétricas. Destaca-se, contudo, que a bancada proposta leva em consideração os custos, e a estrutura e espaço físico já existente no laboratório do IFMG campus Formiga.

IV. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto de uma bancada de acionamento de motores elétricos é o objetivo principal deste trabalho e para que este seja alcançado foram necessárias as seguintes etapas ilustradas pelo fluxograma da Figura 4.



Figura 4: Fluxograma das etapas de desenvolvimento do projeto.

De acordo com a Figura 4, na primeira etapa é realizado um estudo sobre as bancadas didáticas existentes no mercado, para observar o modo o qual elas são dispostas e verificar a viabilidade da criação de uma nova bancada, que traria ao aluno uma maior proximidade com o mercado de trabalho.

Em sequência é realizado um estudo das práticas e dos equipamentos que as bancadas supriam, para assim planejar os itens que a proposta de bancada nova iria contemplar. Com isso, foi analisado o espaço do laboratório de máquinas do IFMG – Campus Formiga, para buscar o melhor local de alocação das bancadas e verificar se a mesma seria móvel ou fixa.

Na quarta etapa, utilizando o software AutoCAD, para elaboração de algumas propostas de disposição de componentes a serem avaliadas pelos professores que lecionam as disciplinas cobertas pela bancada.

Na sequência os professores avaliam e discutem os projetos propostos para então chegar a um layout que seja mais adequado ao espaço físico do laboratório e também que contenha a melhor disposição e relação de componentes.

Finalmente, chega-se a um modelo que seja mais adequado aos objetivos traçados pelo projeto. O Layout final desenvolvido é apresentado na seção de resultados.

V. RESULTADOS PARCIAIS

Diante da necessidade da criação de uma bancada de acionamentos de motores elétricos, na qual os alunos tenham contato direto com os componentes e equipamentos. Este artigo apresenta a montagem de um painel para esta finalidade, assim como é encontrado no mercado de trabalho. A Figura 5 ilustra a bancada proposta.

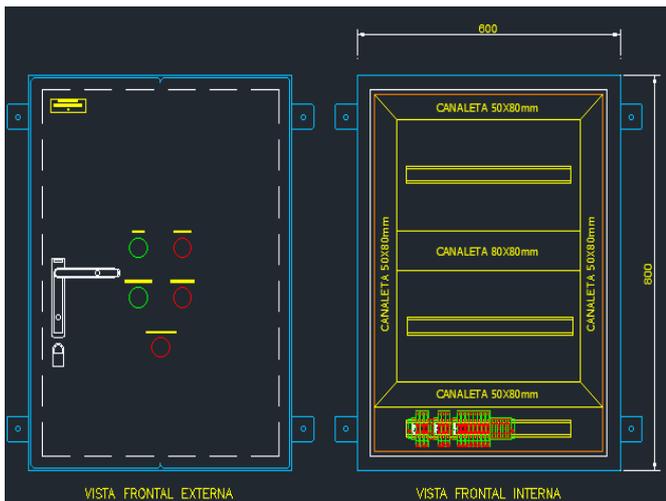


Figura 5: Proposta de bancada didática para acionamento de motores elétricos.

Os materiais e custos necessários, para a montagem da estrutura disposta na Figura 5, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Materiais e custos da bancada didática proposta.

Materiais	Unidades	Custo unitário
Caixa Quadro Painel Elétrico Comando 600x500x200 Ip65	1	R\$265,00
Trilho Din Galvanizado Perfurado 35x7,5 De 2m - Siemens	1	R\$33,80
Borne Sak MTB 6en 6mm 44A bege metaltex	11	R\$ 3,23
Borne Sak Fusível P/ Cabo Até 4mm com tampa	14	R\$ 8,74
Poste Sak final bloco para trilho TS-35 MAB35P metaltex	2	R\$ 1,52
Suporte Pcb Borne Sem Furo Montagem Trilho Din 35mm	3	R\$ 4,50
Canaleta Recorte Aberto 80x80mm 50cm - Dutoplast	1	R\$27,99
Canaleta Recorte Aberto 50x50mm 1mt - Dutoplast	3	R\$35,90

		Custo total: R\$608,92
--	--	---------------------------

Observando a Figura 5 e a Tabela 2, nota-se que a proposta busca com a utilização de componentes como: trilhos Din, canaletas de recorte aberto, bornes Sak fusíveis e bornes simples, fazendo com que o aluno interaja com as estruturas presentes no controle de motores atualmente.

Outros fatores a serem considerados são o custo da bancada e a variedade de componentes nela disponíveis. A Tabela 3 ilustra uma comparação entre a bancada didática proposta e a bancada IERP, que é a bancada disponível no IFMG – Campus Formiga atualmente.

Tabela 3: Comparação da bancada didática proposta com a bancada IERP.

Itens		Bancada IERP	Bancada proposta	
-		Disp.	Disp.	Custo
1	Estrutura para alocação dos componentes	OK	OK	R\$608,92
2	Kit Disjuntores Din	OK	OK	R\$158,10
3	Kit Disjuntores motores	-	OK	R\$339,30
4	Kit de contadores	OK	OK	R\$277,84
5	Kit temporizador	OK	OK	R\$134,70
6	Botoeiras e botões	OK	OK	R\$203,03
7	Sinalização luminosa	OK	OK	R\$106,74
8	Sinalização sonora	OK	OK	R\$90,00
9	Kit fim de curso	OK	OK	R\$71,80
10	Conjunto para alimentação do painel	OK	OK	R\$356,77
11	Medidores analógicos	OK	-	-
12	Kit inversor de frequência	-	OK	R\$534,00
13	Controlador Logico Clp Clic Clw-02 12hr-d 3rd 24vcc Weg	OK	OK	R\$869,00
14	Kit soft starter	-	OK	R\$864,00
15	Motor trifásico	-	OK	R\$542,23
16	Fonte Chaveada Estabilizada Bivolt 110-220v 24v 5a 120w	-	OK	R\$33,99
17	Rolo de cabo flexível 1,5mm ²	-	OK	R\$51,99
18	Rolo de cabo flexível 2,5mm ²	-	OK	R\$73,63
19	Kit relés	OK	OK	R\$112,88
20	Kit relés térmicos	OK	OK	R\$145,92
		Custo total: R\$24.435,00		Custo total: R\$5574,84

Analisando-se a Tabela 3, algumas observações são pertinentes:

- (I) A bancada proposta possui uma maior variedade de itens e ainda sim apresenta um custo bem inferior quando comparada a comercializada, sendo aproximadamente 78% mais barata.
- (II) É possível a montagem de 4 bancadas com o mesmo investimento feito para adquirir a bancada comercial.
- (III) Observa-se que alguns itens presentes na proposta, tais como: motor, inversor de frequência, soft starter e ferramentais, itens comumente encontrados nos laboratórios de acionamentos de motores elétricos. Assim, em algumas Instituições muitas vezes não será necessário adquirir tais equipamentos, tornando o investimento ainda menor.
- (IV) A bancada proposta apresenta, além de um custo muito inferior, componentes adicionais quando comparada a bancada comercial, que são os itens 3,12,14,15,16,17 e 18 da Tabela 3.
- (V) A bancada comercializada possui apenas um item a mais que a bancada proposta, que é o item 11. Trata-se de medidores analógicos que podem ser substituídos pelos digitais que são comumente encontrados nos laboratórios e se aproximam mais dos medidores encontrados no mercado de trabalho.
- (VI) Comparando-se o custo da proposta de bancada desenvolvida com a outra bancada comercializada (Tabela 1), observa-se que o custo da bancada proposta de R\$5574,84 é ainda mais barato ao comparar com a de treinamento da WEG que é de R\$33.530,00.
- (VII) O projeto de bancada proposto possui um painel com canaletas e trilhos semelhante aos encontrados em ambientes industriais, contendo botoeiras de sinalização nas portas e dispositivos de acionamento e proteção dos circuitos elétricos. Os alunos farão a ligação/energização dos componentes em situações semelhantes às encontradas no mercado de trabalho e não apenas ligando fios em bornes, como nas bancadas comercializadas.

VI. CONCLUSÕES

É evidente o compromisso de formação de profissionais mais preparados para o mercado de trabalho. Assim, as Instituições de ensino têm a responsabilidade de prover as condições necessárias para que o aprendizado ocorra de forma mais eficiente. Desta forma, especialmente no caso de cursos de graduação e de cursos técnicos que tratam de disciplinas conceituais e práticas, é fundamental que os laboratórios possuam equipamentos que permita o desenvolvimento das habilidades práticas e em quantidade suficiente para que os alunos tenham a oportunidade de manipular tais dispositivos.

Existem atualmente no mercado, bancadas que trabalham a parte prática de conceitos, no entanto estas, normalmente, abordam tais conceitos em situações muito distantes das encontradas em situações reais, especialmente em ambientes industriais.

O foco deste trabalho está no ensino dos conhecimentos associados ao acionamento, operação e proteção de motores

elétricos. Trata-se de um assunto de extrema relevância para formação de engenheiros eletricitas e técnicos, uma vez que os motores são os principais responsáveis pela manipulação dos mais diversos tipos de cargas, especialmente em ambientes industriais. Assim, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um projeto de bancada com quantidades e variedades de componentes, dispostos de maneira semelhantes a que será vivenciada no mercado de trabalho. Observa-se que o projeto proposto apresenta custo muito reduzido quando comparado à bancada utilizada atualmente no IFMG *Campus* Formiga. Essa redução de custo para montagem da bancada é relevante, pois possibilita a montagem de bancadas de ensino em número suficiente, com redução de custos, especialmente em Instituições de ensino novas e em curso novos, cujos laboratórios ainda não possuem estrutura mínima. Todo o desenvolvimento do projeto foi pensado levando em consideração a melhoria da qualidade do ensino e a redução de custos. Como etapa futura do projeto, pode-se declarar que é a montagem física da bancada, a realização de testes para validação da mesma e a elaboração de propostas de roteiros a serem utilizados na estrutura proposta.

VII. AGRADECIMENTOS

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa CNPq, GSE (Grupo de Soluções em Engenharia), pela interação e colaboração no desenvolvimento do presente trabalho, assim como ao IFMG – Campus Formiga.

REFERÊNCIAS

- [1] BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luis. Gerenciamento de energia: ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica. São Paulo-SP: Érica Ltda., 2010.
- [2] MAMEDE FILHO, João. Instalações elétricas industriais. 8.ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2013.
- [3] BURNIER J. R. e GONÇALVES M. A. Dificuldade de encontrar mão de obra qualificada afeta economia brasileira. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2012/08/dificuldade-de-encontrar-mao-de-obra-qualificada-afeta-economia-brasileira.html>>. Acesso em: 04/01/2019.
- [4] JÚNIOR, J. I. V. Falta mão de obra qualificada no mercado, 2012. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalh_e_artigo/1172>. Acesso em: 04/01/2019.
- [5] OLIVEIRA, Celso Eduardo Lins de. BANCADA PARA ENSINO DE TÉCNICAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, Universidade de São Paulo - USP, v.1, n.1,p.01-11, 2008. Disponível em <http://www.inovacao.usp.br/editais_ausp/Anexos/07_2010/MU8803051-2.pdf>. Acesso em: 04/01/2019.
- [6] WEIGMANN, Paulo Roberto de; KOSLOSKY, Marco Neiva; SILVEIRA, Janaina; SILVEIRA, Lucas Groposo; MILEZZI, Maika Pires; RIBEIRO, Marcelo. LABORATÓRIO VIRTUAL: Uma ferramenta para melhoria da qualidade do ensino tecnológico, Conference ICB2009, Florianópolis - SC, v.1, n.1, p.10-18, 2009. Disponível em: <

- <http://wright.ava.ufsc.br/~alice/icbl2009/proceedings/program/pdf/Contribution028.pdf><<http://wright.ava.ufsc.br/~alice/icbl2009/proceedings/program/pdf/Contribution028.pdf>>. Acesso em: 04/01/2019.
- [7] SOUZA, Ronimanick Trajando de. DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS DIDÁTICOS PARA ENSINO DE TÉCNICAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS NO IFPB, XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Gramado - RS, v.1, n.1, p.01-09, 2013. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/117815_1.pdf>. Acesso em: 04/01/2019.
- [8] RUSSO, Eduardo. Novos *kits* didáticos de instalações elétricas. Sou + Facens, Sorocaba -SP, v.1, n. 1, p. 03, MAIO-2013. Disponível em: <<http://www.facens.br/upload/informativos/pdf/1368708980.pdf>>. Acesso em: 04/01/2019.
- [9] SILVA, A. F. Trabalho de Conclusão de curso: Projeto de box didático para a área de instalações elétricas. Graduação em Engenharia Elétrica do IFMG – Campus Formiga, 2014. Disponível em: <https://formiga.ifmg.edu.br/documents/2017/PublicacoesTCCsBiblioteca/EE/TCC-8-verso.pdf>. Acesso em: 04/01/2019.
- [10] CATÁLOGO DA BANCADA DIDÁTICA PARA TREINAMENTOS – WEG; Disponível: em<<http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Paineis-Eletricos/BancadaDidatica/Bancadas-Didaticas-para-Treinamentos>>. Acesso em: 08/07/2019.
- [11] ELECTRICAL INDUSTRIAL INSTALLATIONS - DE LORENZO DO BRASIL; Disponível em <https://www.delorenzogloball.com/documenti/prodotti/181017_DL_2102TB_-_ADVANCED_INDUSTRIAL_INSTALLATION.pdf>. Acesso em: 15/07/2019.