



MEC-SETEC

INSTITUTO FEDERAL MINAS GERAIS - Campus Formiga

Curso de Engenharia Elétrica

PROJETO DE *BOX* DIDÁTICO PARA A ÁREA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Alysson Fernandes Silva

Orientador: Prof. Me. Renan Souza Moura

FORMIGA - MG

2014

ALYSSON FERNANDES SILVA

PROJETO DE *BOX* DIDÁTICO PARA A ÁREA DE
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Campus Formiga, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Renan Souza Moura

FORMIGA - MG

2014

S586p Silva, Alysson Fernandes
Projeto de box didático para a área de instalações elétricas. / Alysson
Fernandes Silva. – Formiga, MG., 2014.

71p.: il.

Orientador: Prof. Ms. Renan Souza Moura

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal Minas Gerais – Campus
Formiga.

1. Instalações Elétricas. 2. Box Didático. 3. Bancada Didática.
I. Moura, Renan Souza. II. Título.

CDD 621.3192

ALYSSON FERNANDES SILVA

PROJETO DE *BOX* DIDÁTICO PARA A ÁREA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Campus Formiga, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Avaliado em: ____ de _____ de _____.

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Renan Souza Moura

Prof. Me. Michelle Mendes Santos

Prof. Dr. Paulo Dias de Alecrim

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem o qual não conseguiria chegar até aqui, por Ele ter me dado força e ânimo nos momentos difíceis e me ajudado a superar os obstáculos e as lutas diárias.

A minha família, em especial ao meu pai Donizetti Antônio da Silva, a minha mãe Nilza de Oliveira Silva e a minha irmã Anna Elise Silva, por estarem sempre ao meu lado e por serem meu porto seguro nos mais variados momentos.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG, por todo o empenho em sempre tentar ensinar da melhor forma possível e por todo o suporte dado aos alunos, garantindo desta forma, excelentes profissionais.

A Coordenação da Área de Engenharia por todo o apoio dado, em especial aos professores André Roger Rodrigues e Paulo Dias de Alecrim, os quais deram todo o apoio desde o momento que ingressei no corpo técnico administrativo do IFMG – campus Formiga para que continuasse com o curso de Engenharia.

Ao orientador, professor Renan Souza Moura por todo o apoio e tempo dedicado, as dúvidas tiradas, as ideias e as correções do trabalho.

Aos professores, que em cada matéria dada em sala de aula contribuiu para o meu crescimento e aprendizado.

A todo corpo administrativo do IFMG, em especial as Secretarias Acadêmica e de Extensão por sempre serem prestativos e estarem sempre dispostos a me ajudar quando necessitei.

RESUMO

Existe uma grande carência de uma melhor qualificação dos discentes em cursos técnicos e superiores visando a sua inserção no mercado de trabalho. Com a necessidade de uma melhor qualificação dos profissionais dos cursos Técnico em Eletrotécnica e Engenharia Elétrica e visando proporcionar ao aluno um melhor aproveitamento das práticas laboratoriais, o presente Trabalho de Conclusão de Curso visa apresentar o desenvolvimento de um projeto para quatro *boxes* didáticos a baixo custo para práticas de instalações elétricas residenciais e prediais a serem construídos no Laboratório de Máquinas do IFMG Campus Formiga. Os módulos didáticos a serem desenvolvidos visam contribuir para um melhor aproveitamento das práticas de laboratório com tarefas em ambientes similares aos das instalações elétricas da construção civil, pois sanam alguns pontos falhos dos atuais conjuntos didáticos para as aulas práticas.

Palavras-chaves: Instalações Elétricas. *Kit* didático. Bancada didática. Qualificação. *Box* didático.

ABSTRACT

There is a great lack of a better qualified students in technical and higher education courses aimed at their integration in the labor market. With the need for better training of professionals of technical courses in Electrical and Electrical Engineering and aiming to provide students with a better use of laboratory practice, this Final Course work is to present the development of a project to four didactic *boxes* at low cost practices for residential and building to be constructed in the Laboratory of Machines IFMG Campus Formiga electrical installations. The teaching modules to be developed aimed at contributing to a better utilization of laboratory practice with tasks similar to the electrical installations in construction environments because it eliminates some weak points of the current teaching sets for practical classes.

Keywords: Electrical Installations. Teaching *kit*. Didactic bench. Qualification. Didactic *Box*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (a), (b) e (c) Fotos de uma das Bancadas IERP.	17
Figura 2 - Foto de um dos kits de instalações elétricas desenvolvido no Campus.....	18
Figura 3 - <i>Kit</i> Educacional Modelo PC4410	19
Figura 4 - Bancadas Didáticas para Treinamentos WEG.....	20
Figura 5 - Maleta Didática ITL 2000 – Dienzo	20
Figura 6 - Módulo 2902PC - Instalações Elétricas Prediais.....	21
Figura 7 - Bancada XI624 - Exsto Tecnologia.....	22
Figura 8 - Bancada XI625 - Exsto Tecnologia.....	22
Figura 9 - <i>Kit</i> modular de Instalação Elétrica Residencial (KMIER-01)	23
Figura 10 - <i>Kit</i> Didático de Instalações Residenciais e Prediais –Schooltech.....	24
Figura 11 - Vista da Área do Laboratório de Máquinas.....	29
Figura 12 - Vista da Área do Laboratório de Máquinas	30
Figura 13 - Bancada de alvenaria	31
Figura 14 - Bancada de Madeira para Laboratório.....	31
Figura 15 - Vista da sala Técnica.	32
Figura 16 - <i>Layout</i> atual do Laboratório de Máquinas – sem escala.....	34
Figura 17 - <i>Layout</i> Readequado do Laboratório de Máquinas – sem escala.....	36
Figura 18 - <i>Layout</i> com esboço dos Boxes Didáticos no Laboratório de Máquinas.....	38
Figura 19 - Vista Frontal do projeto dos <i>Boxes</i> Didáticos– sem escala – unidade em cm	40
Figura 20 - Vista Superior do projeto dos <i>Boxes</i> didáticos – sem escala – unidade em cm.....	41
Figura 21 - Vista 3D do projeto dos <i>Boxes</i> didáticos – sem escala.....	42
Figura 22 - Circuitos disponíveis no Fundo do Laboratório de Máquinas.....	42
Figura 23 - Conector Barra.....	43
Figura 24 - Circuito elétrico de um interruptor simples.....	50
Figura 25 - Circuito Elétrico Interruptor simples duas Teclas.	50
Figura 26 - Circuito elétrico em planta de um interruptor simples	51
Figura 27 - Ligação reator em Lâmpada Fluorescente	52
Figura 28 - Circuito elétrico de um interruptor paralelo.	53
Figura 29 - Circuito elétrico de um interruptor paralelo ligado de maneira errada.....	53
Figura 30 - Circuito elétrico de um interruptor paralelo.	54
Figura 31 - Instalação de interruptor simples bipolar.....	55

Figura 32 - Esquema de Ligação Campainha.....	56
Figura 33 - Esquema de Ligação Interfone.	56
Figura 34 - Esquema de Ligação de uma Tomada Monofásica	57
Figura 35 - Esquema de Ligação de uma Tomada Monofásica	58
Figura 36 - Exemplo de Tomada <i>Steck</i> 3P+T para fixação em caixa.....	59
Figura 37 - Exemplo de Tomada <i>Steck</i> para fixação em parede.	59
Figura 38 - Modelos de Tomadas <i>Stecks</i>	59
Figura 39 - Instalação Sensor de presença.....	60
Figura 40 - Instalação de uma Fotocélula.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de disciplinas que utilizam o Laboratório de Máquinas.	28
Tabela 2 - Dimensões de parte do Mobiliário e Bancadas do Laboratório.	30
Tabela 3 - Custo dos <i>Kits</i> Didáticos Disponíveis no Mercado.	45
Tabela 4 – Levantamento do Custo de implementação dos <i>Boxes</i> Didáticos.	47
Tabela 5 - Comparação de preços dos <i>Kits</i> didáticos.	47
Tabela 6 - Lista de Motores do Laboratório (excluindo motores pertencentes aos <i>Kits</i> da De Lorenzo).....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2902PC	Módulo de instalações elétricas prediais 2902PC produzido pela empresa Datapool;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
IERP	Bancadas Didáticas de Treinamento em Instalações Elétricas Residenciais, Prediais e Industriais da empresa De Lorenzo do Brasil;
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Minas Gerais;
ITL 2000	Maleta Didática de Instalações Elétricas modelo ITL 2000 produzido pela empresa Dienzo;
KMIER-01	<i>Kit</i> modular de Instalação Elétrica Residencial (KMIER-01) produzida pela empresa Soma;
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego;
NBR 5410	Norma Brasileira Regulamentadora 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão;
NBR 5444	Norma Brasileira Regulamentadora 5444 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais;
NR 10	Norma Regulamentadora 10 - Segurança Em Instalações E Serviços Em Eletricidade;
PC4410	<i>Kit</i> Educacional de Instalações Elétricas Prediais Modelo PC4410 produzido pela Empresa PerCon;
PLC	Programador Lógico Programável;
XI624	Bancada de Instalações Elétricas Prediais e Residenciais XI624 produzido pela empresa Exsto Tecnologia;

XI625 Bancada de Instalações Elétricas Prediais e Industriais XI625 produzido pela empresa Exsto Tecnologia;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Problemas de pesquisa	14
1.2	Objetivos.....	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
1.2.3	Metodologia de trabalho	15
1.3	Justificativa	15
2	ANÁLISE PRELIMINAR.....	16
2.1	Cenário atual	16
2.2	Mercado atual	19
2.3	Trabalhos relacionados	25
3	REORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO NO LABORATÓRIO DE MÁQUINAS..	27
3.1	Considerações iniciais.....	27
3.2	Espaço físico	29
3.3	Readequação do espaço físico	35
4	DESENVOLVIMENTO – O PROJETO.....	37
4.1	Os <i>boxes</i> didáticos	37
4.2	Procedimentos de instalações	43
4.3	Viabilidade econômica	44
4.4	Sugestões de experiências.....	48
	Experiência 01 – Interruptores Simples.	49
	Experiência 02 – Interruptores Paralelos e Intermediários.....	52
	Experiência 03 – Interruptores Bipolares.	54
	Experiência 04 – Campanha.	55

Experiência 05 – Tomadas 2P+T Monofásica e Bifásica.....	57
Experiência 06 – Tomada Trifásica padrão Industrial, STECK.....	58
Experiência 07 – Sensores – Fotocélulas e sensores de presença.	60
Experiência 08 – Motor Monofásico.....	61
Experiência 09 – Motor Trifásico – Partida Direta.	62
Experiência 10 – Motor Trifásico – Partida Estrela/Delta.	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
5.1 Trabalhos futuros	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1. INTRODUÇÃO

Segundo Souza (2013, p. 01) “o mercado de trabalho brasileiro vive um momento extremamente favorável. A busca de profissionais de nível médio e superior na área de tecnologia é uma realidade nas instituições federais de ensino médio e superior”. Entretanto há uma grande necessidade de uma melhor qualificação dos discentes em cursos técnicos e superiores visando a sua inserção no mercado de trabalho. Atualizar o conhecimento constantemente é primordial na formação dos alunos. Para isso, além do interesse do aluno, é importante o investimento da Faculdade em sua infraestrutura (RUSSO, 2013).

No mercado estão presentes diversos *kits* e bancadas destinados a áreas de instalações elétricas, entretanto os atuais conjuntos didáticos para práticas de eletrotécnica e instalações não permitem a efetiva aplicação das técnicas em condições semelhantes às reais e com nível de segurança aceitável dos equipamentos de utilização (OLIVEIRA, 2008). Além disso, os alunos não desenvolvem habilidades práticas de manuseio de ferramentas utilizadas nas instalações elétricas como alicates de corte, alicates de bico, alicates universais, chaves de fenda, chaves *Philips*, entre outras, como a não utilização de fita isolante nas emendas de cabos. Outro agravante é que os alunos não trabalham diretamente com os componentes, visto que os *kits* são modulares e em sua maioria os contatos são realizados através de bornes com encaixes do tipo banana, privando o aluno de conhecer as particularidades e as técnicas de montagens dos componentes.

“A área de instalações elétricas é rica em material teórico, como livros e normas. Mas, assim como a maioria das áreas de tecnologia, é bastante voltada à aplicação prática, fazendo necessária a utilização de recursos didáticos voltados a esse fim” (WEIGMANN, 2009, p.11).

O presente Trabalho de Conclusão de Curso apresenta o desenvolvimento de *boxes* didáticos de baixo custo para práticas de instalações elétricas residenciais e prediais para o Laboratório de Máquinas do IFMG Campus Formiga, onde o aluno terá a possibilidade de ter uma capacitação em ambiente parecido ao que é encontrado no ambiente de trabalho.

Os módulos didáticos a serem desenvolvidos visam contribuir para um melhor aproveitamento das práticas de laboratório com tarefas em ambientes similares aos das instalações elétricas da construção civil para que os alunos dos cursos Técnicos em Eletrotécnica e Engenharia Elétrica possam conhecer peculiaridades de alguns equipamentos proporcionando um melhor preparo antes de ser inserido no mercado de trabalho.

1.1 Problemas de pesquisa

A necessidade de uma melhor qualificação dos discentes dos cursos Técnico em Eletrotécnica e Engenharia Elétrica para sanar a necessidade crescente do mercado de trabalho de profissionais qualificados.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente Trabalho de Conclusão de Curso apresenta o desenvolvimento de um projeto para quatro *boxes* didáticos de baixo custo para práticas de instalações elétricas residenciais e prediais a serem construídos no Laboratório de Máquinas do IFMG Campus Formiga.

1.2.2 Objetivos específicos

Os módulos didáticos a serem desenvolvidos visam contribuir para um melhor aproveitamento das práticas de laboratório com tarefas em ambientes similares aos das instalações elétricas da construção civil.

1.2.3 Metodologia de trabalho

Para conseguir chegar aos objetivos, foram levantados os seguintes pontos:

- Conhecer a real condição do laboratório de máquinas para atender a disciplina de instalações elétricas residenciais;
- Realizar um levantamento dos principais *kits* didáticos disponíveis no mercado, bem como verificar os pontos favoráveis e falhos dos mesmos;
- Verificar as condições físicas do Laboratório de Máquinas como a sua área, número de bancadas, bancadas fixas, área disponível entre outros fatores;
- Elaborar um projeto de quatro *boxes* para que sejam construídos no laboratório de acordo com suas limitações físicas tentando sanar o maior número de deficiências visualizadas anteriormente.
- Efetuar um levantamento da viabilidade econômica de construção dos *boxes* didáticos.

1.3 Justificativa

Com a necessidade de uma melhor qualificação dos profissionais dos cursos Técnico em Eletrotécnica e Engenharia Elétrica e visando proporcionar ao aluno um melhor aproveitamento das práticas laboratoriais, o presente trabalho prevê a elaboração de um projeto para quatro *boxes* didático onde o aluno poderá desenvolver tarefas em ambientes similares aos do mercado de trabalho. Estes *boxes* oferecerão ao aluno a possibilidade de conhecer peculiaridades de alguns equipamentos, além de proporcionar ao aluno o contato e prática com algumas ferramentas que irá encontrar com certa frequência no mercado de trabalho, além de outros benefícios.

2 ANÁLISE PRELIMINAR

A análise preliminar levanta uma visão dos laboratórios da Área de Engenharia que possam ser utilizados na área de instalações, bem como os *kits* didáticos que possuem e as possibilidades de aplicações para tais fins.

Com a análise preliminar realizou-se um levantamento dos *kits* fornecidos pelo mercado, bem como suas utilizações, pontos favoráveis e pontos falhos.

Desta forma, para a formação de um alicerce teórico, com o objetivo de atender aos problemas propostos neste trabalho, fez-se necessário essa abordagem.

2.1 Cenário atual

Atualmente são diretamente beneficiados por toda a indústria de engenharia, hidráulica, mecânica, eletricista, naval, de telecomunicações, de produção de alimentos (FACHINI, 2014).

Segundo Souza (2013, p. 01) “o mercado de trabalho brasileiro vive um momento extremamente favorável. A busca de profissionais de nível médio e superior na área de tecnologia é uma realidade nas instituições federais de ensino médio e superior.” “Ocorre que com essa dependência, nossa sociedade começou a demandar serviços cada vez mais complexos e precisos” (FACHINI, 2014, p.150). E para tentar melhorar a qualificação dos alunos dos cursos técnicos e superiores visando a sua inserção no mercado de trabalho, o presente Trabalho de Conclusão de Curso apresenta o desenvolvimento de *boxes* didáticos de baixo custo para práticas de instalações elétricas residenciais e prediais. Os módulos didáticos a serem desenvolvidos visam contribuir para um melhor aproveitamento das práticas de laboratório com tarefas em ambientes similares aos das instalações elétricas da construção civil.

Estes *kits* serão projetados para serem instalados no IFMG Campus Formiga, que atualmente possui quatro laboratórios didáticos para os cursos de Engenharia Elétrica e Técnico em Eletrotécnica (Físico-química, Automação, Circuitos/Eletrônica e Máquinas),

além de três laboratórios de informática. Somente um dos laboratórios possui equipamentos e *kits* que podem ser utilizados nas disciplinas da área de instalações elétricas, o laboratório de Máquinas. O mesmo possui até o momento somente duas Bancadas Didáticas de Treinamento em Instalações Elétricas Residenciais, Prediais e Industriais (IERP) da empresa De Lorenzo do Brasil, e cinco *kits* de Instalações Elétricas elaborados no próprio campus do IFMG pelo Professor da área de instalações Renan Souza Moura e pelo ex-Técnico em Eletrotécnica do IFMG-Campus Formiga, José Carlos Mendonça Junior. As Figuras 01 e 02 mostram imagens de uma das bancadas IERP e de um dos *kits* de instalações elétricas, respectivamente:

Figura 1 - (a), (b) e (c) Fotos de uma das Bancadas IERP.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Arquivo do autor.

Figura 2 - Foto de um dos kits de instalações elétricas desenvolvido no Campus.



Fonte: Arquivo do autor.

Como se pode observar na Figura 1, a Bancada IERP é composta por diversos módulos, entretanto são poucos módulos que são úteis para as práticas de instalações elétricas residenciais e prediais (módulos de disjuntores, módulos de interruptores, módulos de receptáculos, entre outros), pois a maior parte dos seus módulos está voltada para o controle de motores. Segundo o manual do usuário da Bancada IERP (p.52) a mesma “foi projetada para montagem didática de circuitos de instalações elétricas”, entretanto foi constatado pelos usuários, corpo docente e discente, que a mesma é mais indicada para atividades pedagógicas relacionadas à área industrial.

Os *kits* de Instalações Elétricas elaborados no próprio campus do IFMG têm por finalidade proporcionar a realização de montagens com a utilização de ferramentas como chave de fenda, além da passagem de condutores por eletrodutos. Do ponto de vista pedagógico, permite ao aluno uma maior visualização de como é uma instalação elétrica real.

Entretanto, este *kit* desenvolvido pelo IFMG apresenta as suas limitações, pois possibilita ao aluno a execução em média de somente três experiências relacionadas ao comando de uma lâmpada: montagens de um interruptor simples, interruptor paralelo e interruptor intermediário. Há também a possibilidade de montagem de uma tomada simples monofásica, mas como uma deficiência: o mesmo não possui a disposição o condutor de proteção, sendo assim, o cenário proporcionado não é uma condição ideal.

O laboratório de máquinas ainda possui uma grande variedade de ferramentas (alicates de bico, alicates meia cana, alicates universais, chaves de fenda entre outras) que, devido à falta de um local ou *kit* apropriado, não são utilizadas pelos discentes durante as práticas

didáticas, afetando a captação do mesmo quanto às peculiaridades de utilização de cada ferramenta.

2.2 Mercado atual

Atualizar o conhecimento constantemente é primordial na formação dos alunos. Para isso, além do interesse do aluno, é importante o investimento da Instituição de Ensino em sua infraestrutura (RUSSO, 2013). Hoje no mercado encontram-se diversos *kits* e bancadas destinados a áreas de instalações elétricas, dentre eles estão:

- a- *Kit* Educacional de Instalações Elétricas Prediais Modelo PC4410 produzido pela empresa PerCon, Figura 3:

Figura 3 - *Kit* Educacional Modelo PC4410



Fonte: <http://www.acessopercon.com.br/c10p037.php>

Segundo catálogo do fabricante do *kit* PC4410 tem-se a seguinte descrição:

Conjunto projetado para proporcionar o contato direto com os mais variados dispositivos elétricos utilizados em proteções elétricas, iluminação, civis e domésticas, alarmes e instalações elétricas (comandos eletrônicos). O mesmo tem por objetivo demonstrar os princípios de funcionamento e aplicações dos principais tipos de componentes elétricos utilizados em instalações elétricas prediais.

- b- Bancada Didática para Treinamento produzido empresa pela WEG, Figura 4:

Figura 4 - Bancadas Didáticas para Treinamentos WEG.



Fonte: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Paineis-Eletricos/Bancada-Didatica/Bancadas-Didaticas-para-Treinamentos>

Segundo catálogo do fabricante da Bancada, tem-se a seguinte descrição:

Foi criada com o objetivo de auxiliar no processo de treinamento e desenvolvimento de pessoas ligadas a centros de formação profissional, escolas técnicas, faculdades e centros de treinamento industrial das diversas áreas do setor de energia elétrica. É constituída por uma bancada principal e diversos *kits* individuais que permitem a realização de experimentos práticos de eletrotécnica industrial, medidas elétricas e automação de processos industriais.

c- Maleta Didática de Instalações Elétricas ITL 2000 produzindo pela empresa Dienzo,

Figura 5:

Figura 5 - Maleta Didática ITL 2000 – Dienzo



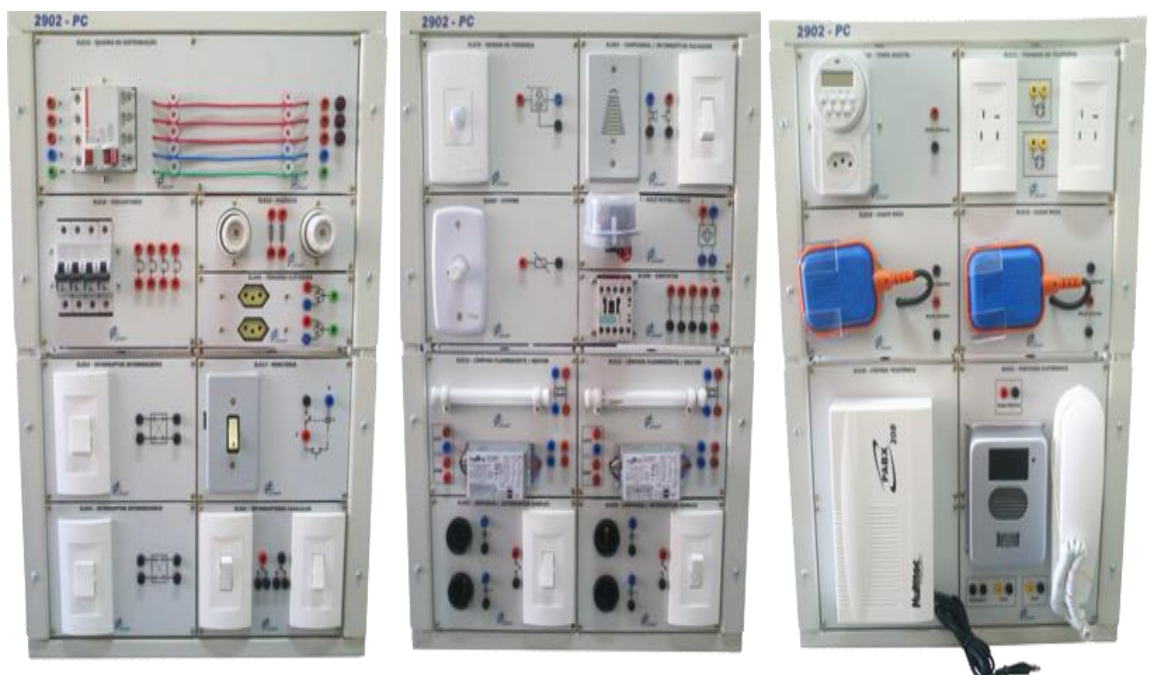
Fonte: <http://dienzo.com.br/produtos/itl2000>

Segundo catálogo do fabricante da Maleta Didática ITL 2000, tem-se a seguinte descrição:

Kit didático para estudos práticos em instalações elétricas. Possibilita aos alunos uma ampla gama de atividades práticas envolvendo acionamento de lâmpadas fluorescentes, dicroicas, de descarga, ligação de interruptores, ligação de interfone, chave boia, sensor de presença, fotocélula entre outras muitas atividades possíveis de se praticar neste kit.

- d- Módulo de instalações elétricas prediais 2902PC produzido pela empresa Datapool, Figura 6:

Figura 6 - Módulo 2902PC - Instalações Elétricas Prediais



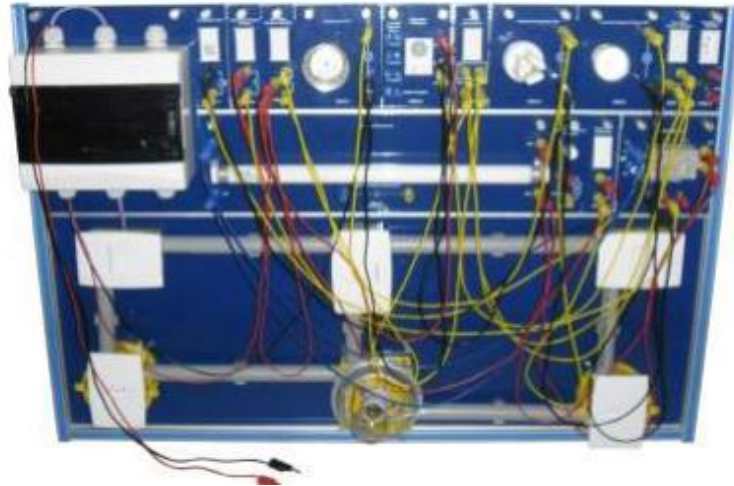
Fonte: http://www.datapool.com.br/index.php?area=prod&campo=Eletricidade&name=M%F3dulo%202902PC%20-%20Instala%20E7%20F5es%20E1%E9tricas%20Prediais&id=310&id_cat=16

Segundo catálogo do fabricante do Módulo 2902PC tem-se o seguinte objetivo:

A bancada proporciona o contato direto com os mais variados dispositivos elétricos utilizados em proteções elétricas, iluminação, civis e domésticas, alarmes e instalações elétricas (comandos eletrônicos) e tem por objetivo demonstrar os princípios de funcionamento e aplicações dos principais tipos de componentes elétricos utilizados em instalações elétricas.

- e- Bancada de Instalações Elétricas Prediais e Residenciais XI624 produzido pela empresa Exsto Tecnologia, Figura 7:

Figura 7 - Bancada XI624 - Exsto Tecnologia



Fonte: <http://www.exsto.com.br/uploads/download-domotica-xi622-instalacoes-eletricas.pdf>

Segundo catálogo do fabricante da Bancada XI624 tem-se a afirmação:

Os fundamentos de instalações elétricas residenciais são apresentados no *kit* XI624, permitindo não só o estudo das ligações como também o exercício de montagens no Pannel de Simulação de emendas.

- f- Bancada de Instalações Elétricas Prediais e Industriais XI625 produzido pela empresa Exsto Tecnologia, Figura 8:

Figura 8 - Bancada XI625 - Exsto Tecnologia



Fonte: <http://www.exsto.com.br/uploads/download-eletronica-xi625-banco-de-ensaios-para-instalacoes-eletricas-com-motores.pdf>

Segundo catálogo do fabricante da Bancada XI625 tem-se a seguinte afirmação:

Com ele é possível montar instalações elétricas e de iluminação com diferentes dispositivos, estudar componentes de proteção e acionamento de motores. O *kit* conta ainda com um completo sistema de alarme patrimonial.

- g- *Kit* modular de Instalação Elétrica Residencial (KMIER-01) produzida pela empresa Soma, Figura 9:

Figura 9 - *Kit* modular de Instalação Elétrica Residencial (KMIER-01)



Fonte: <http://www.soma.eng.br/banca-eletricidade/kit-de-instalacao-eletrica-residencial-modular>

Segundo catálogo do fabricante do *Kit* KMIER-01, tem-se a seguinte afirmação:

Painel modular com principais dispositivos elétricos encontrados em uma instalação residencial: quadro de distribuição, iluminação, tomadas, chuveiro elétrico e tubulações de passagem de condutores.

- h- *Kit* Didático de Instalações Residenciais e Prediais produzido pela empresa Schooltech, Figura 10:

Figura 10 - *Kit* Didático de Instalações Residenciais e Prediais –Schooltech



Fonte: http://www.schooltech.com.br/prod_elerotecnica_kit_isnta.html

Segundo catálogo do fabricante *Kit* Didático de Instalações Residenciais e Prediais produzido pela empresa Schooltech tem-se a seguinte afirmação:

Em constituição modular, o *Kit* didático de instalações, possibilita montagem em laboratório dos vários circuitos elétricos presentes nas instalações residenciais, prediais e industriais.

Os atuais conjuntos didáticos para práticas de eletrotécnica e instalações não permitem a efetiva aplicação das técnicas em condições semelhantes às reais e com nível de segurança aceitável dos equipamentos de utilização (OLIVEIRA, 2008).

Como se pode observar os *kits* presentes no mercado (PC4410, Bancadas Didáticas para Treinamentos WEG, ITL 2000, 2902PC, XI624, XI625, Instalações Residenciais e Prediais – Schooltech) entre eles as bancadas IERP, apresentam diversas desvantagens que influenciam de maneira negativa o aprendizado de alunos da área de instalações elétricas residenciais. Algumas são citadas abaixo:

- Os alunos não trabalham diretamente com os componentes, visto que os *kits* são modulares e em sua maioria os contatos são realizados através de bornes com encaixes do tipo banana, privando o aluno de conhecer as particularidades e as técnicas de montagem dos componentes.
- Os *kits* didáticos contribuem para o aprendizado do funcionamento do componente e não ilustram a sua aplicação em situações reais.
- A disposição dos componentes não traduz a realidade de uma instalação elétrica predial, residencial ou industrial.
- Os alunos não desenvolvem habilidades práticas de manuseio de ferramentas manuais utilizadas nas instalações elétricas como alicates de corte, alicates de bico,

alicates universais, chaves de fenda, chave *Philips*, entre outras, além da não utilização de fita isolante nas emendas de cabos.

Já o *kit* KMIER-01 possui características diferentes em relação aos demais. Como pode ser observado na Figura 9 mostrada anteriormente, o mesmo disponibiliza quadro de distribuição, iluminação, tomadas, chuveiro elétrico e tubulações de passagem de condutores fixados em um painel, em um ambiente em que se remete a uma parede. Dentre os *kits* presentes no mercado este é o que apresenta uma melhor similaridade com um cenário real. Entretanto, o mesmo também possui suas desvantagens, entre elas podemos destacar que devido aos módulos do *kit* ser fixos, restringe o campo de trabalho do aluno, fazendo com que o aluno só tenha a possibilidade de efetuar somente as montagens pré-definidas pelo fabricante. O *kit* ainda possui a desvantagem dos eletrodutos serem fixos nas mesmas posições fazendo com que em todas as *práticas* os caminhos de passagens dos condutores sejam sempre os mesmos.

2.3 Trabalhos relacionados

Encontramos em diversas instituições de ensino *kits* e *boxes* elaborados a fim de qualificar seus alunos da melhor maneira possível para serem inseridos no mercado de trabalho. Pode-se citar varias Instituições, entre 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.

3 REORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO NO LABORATÓRIO DE MÁQUINAS

Neste ponto do trabalho faz-se necessário traçar as condições iniciais a serem consideradas para a realização do projeto, bem como efetuar um levantamento do espaço físico do Laboratório de Máquinas e seu espaço disponível para a implementação dos *boxes* didático. Fez-se necessário também um levantamento das disciplinas práticas ministradas nos Laboratório de Máquinas a fim de que com a mudança de *Layout* não comprometa nenhuma delas.

3.1 Considerações iniciais

O Laboratório de Máquinas está localizado no pavimento térreo do Bloco B do IFMG – Campus Formiga, situado a Rua Padre Alberico, número 440 no bairro São Luís na zona urbana de Formiga. O Bloco B foi inaugurado em Maio de 2013, e a partir desta data o laboratório vem sendo usado em todos os semestres por alunos do curso Técnico em Eletrotécnica e Bacharelado em Engenharia Elétrica.

Até o presente momento a Coordenação do curso de Engenharia Elétrica é que se responsabiliza pelo Laboratório. O curso de Engenharia Elétrica é dividido em núcleos, sendo que o Laboratório de Máquinas foi destinado para atender as necessidades do núcleo de Eletrotécnica. O núcleo hoje conta com três professores: André Roger Rodrigues, Mariana Guimarães dos Santos e Renan Souza Moura, sendo que o primeiro encontra-se afastado para conclusão do seu doutorado.

O Laboratório atualmente é utilizado em seis disciplinas do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, e cinco disciplinas do curso Técnico em Eletrotécnica Concomitante, de acordo com as matrizes curriculares dos mesmos. A Tabela 1 relaciona estas disciplinas. Existe também no Campus o curso Técnico em Eletrotécnica Integrado, entretanto como a sua

matriz curricular está em processo de aprovação pelo colegiado, não foi possível incluir na Tabela 1 as disciplinas correspondentes a esta modalidade de ensino.

O Laboratório de Máquinas ainda serve de apoio a algumas atividades de manutenção de equipamentos do Campus, bem como para algumas práticas das Disciplinas de Microcontroladores e Sistemas Embarcados e Eletrônica de Potência do curso de Engenharia, ambas pertencentes ao núcleo de Eletrônica.

Tabela 1 - Relação de disciplinas que utilizam o Laboratório de Máquinas.

Engenharia Elétrica		Técnico em Eletrotécnica (Concomitante)	
Disciplina	Período	Disciplina	Período
Instalações Elétricas	6°	Eletricidade e Magnetismo	2°
Conversão de Energia	6°	Projetos Elétricos Residenciais, Qualidade e Conservação de Energia Elétrica	2°
Máquinas Elétricas I	7°	Máquinas e Acionamentos Elétricos	3°
Eletrotécnica Industrial	7°	Planejamento da Manutenção Industrial	3°
Máquinas Elétricas II	8°	Projetos Elétricos Industriais	3°
Acionamentos Elétricos	8°		

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante do exposto, é fácil concluir que é um local bastante utilizado pelos membros da comunidade acadêmica do Campus e um levantamento do espaço físico do Laboratório, para que o mesmo possa atender as necessidades de todas as disciplinas, é a preocupação da próxima seção.

3.2 Espaço físico

O Laboratório de Máquinas possui uma área de aproximadamente de 90,00 m² (7,50 m x 12,00 m) com uma altura de 3,50 metros, que é ocupada por diversas bancadas, armários, mesas entre outros para poder atender as necessidades das aulas ministradas no mesmo. As Figuras 11 e 12 mostram o *Layout* atual do Laboratório.

Estas Figuras tem o intuito de apresentar a condição atual do laboratório quanto ao seu espaço físico ocupado bem como algumas disposições dos mobiliários e equipamentos.

A Tabela 2 vem ilustrar as dimensões de alguns mobiliários e das bancadas do Laboratório, e as Figuras 13 e 14 mostram uma das Bancadas de Alvenaria e uma das Bancadas de Madeira para Laboratório, respectivamente.

Figura 11 - Vista da Área do Laboratório de Máquinas.



Fonte: Arquivo autor.

Figura 12 - Vista da Área do Laboratório de Máquinas



Fonte: Arquivo autor.

Tabela 2 - Dimensões de parte do Mobiliário e Bancadas do Laboratório.

Quantidade	Descrição	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)
03	Bancada de Madeira para Laboratórios	1,10	2,03	1,60
04	Bancada de Alvenaria	1,35	2,02	0,93
01	Arquivo de Aço	0,47	0,72	1,33
01	Estante de Aço	0,32	0,92	2,00
02	Mesa Linear Tipo I	0,80	1,00	0,75
02	Gaveteiro de Madeira	0,47	0,52	0,70
01	Armário de Madeira TEC2000	0,51	0,79	1,62
02	Armário Alto Fechado	0,53	0,79	2,00
02	IERP	0,81	1,46	1,72
01	Mesa Tipo Ilha	1,20	1,20	0,75

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 13 - Bancada de alvenaria



Fonte: Arquivo autor.

Figura 14 - Bancada de Madeira para Laboratório



Fonte: Arquivo autor.

No Laboratório ainda há cadeiras e bancos que não foram relacionados na Tabela 2 devido à baixa relevância dos mesmos, pois são mobiliários que ocupam uma pequena área e são utilizados na maioria das vezes como mobiliário móvel. Existem também diversos *kits* e equipamentos (*Kit Transformador Desmontável EQ182 - CIDEPE*, *Kit Acionamento DLB-MAQCE - De Lorenzo Do Brasil*, *Conjunto Máquinas Acopladas – Equacional*, *Fontes DC-Meili*, *Multímetros* e diversos equipamentos) no interior do laboratório, mas por ficarem alocados sobre as bancadas e/ou guardados nos armários foram desconsideradas as contribuições dos mesmos quanto a uma área ocupada.

No fundo do Laboratório de Máquina ainda existe uma Sala Técnica de 3,96m² (1,65 m x 2,40 m) com uma altura de 3,50 m, entretanto, encontram-se na mesma três quadros de distribuições de energia (o quadro principal do Bloco B, o quadro principal do primeiro pavimento e um quadro de energia estabilizada também do primeiro pavimento) limitando sua utilização para a locação de alguns equipamentos. A Figura 15 ilustra um vista do interior da sala técnica:

Figura 15 - Vista da sala Técnica.

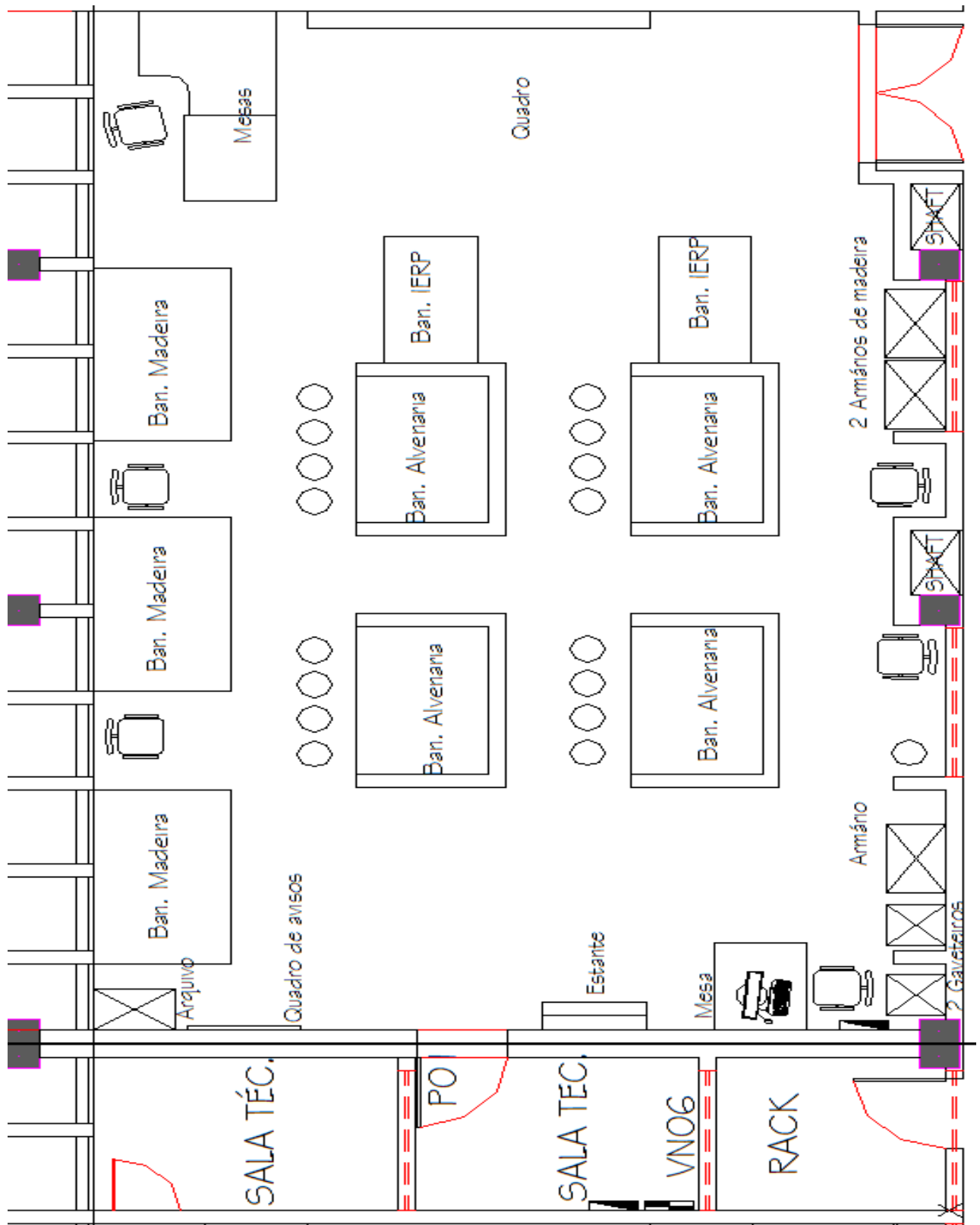


Fonte: Arquivo autor.

Com o auxílio do *software ZwCAD®*, licença para estudante, foi desenhado o *Layout* do atual espaço físico e disposição dos mobiliários e equipamentos do Laboratório. A Figura 16, vem mostrar este *Layout*. Nessa Figura pode-se observar os espaços disponíveis bem como ter uma melhor visão das disposições dos mobiliários e equipamentos do Laboratório de Máquinas

Como se pode observar no *Layout* do Laboratório mostrado pela Figura 16 faz-se necessário uma readequação do espaço, ou seja, uma reorganização dos mobiliários e equipamentos para que se desocupe uma área para onde se possa construir os *boxes* didáticos. Este assunto virá a ser tratado no próximo tópico.

Figura 16 - *Layout* atual do Laboratório de Máquinas – sem escala.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Readequação do espaço físico

Como mencionado, fez-se necessária uma reorganização dos móveis e equipamentos do Laboratório para que haja uma área para se projetar os *boxes* didáticos. Em conversa com os professores do núcleo da Eletrotécnica foi visto que o melhor local para esse projeto seria a área no fundo do Laboratório (lado oposto a quadro branco), uma vez que as bancadas de alvenarias são fixas, impossibilitando movê-las para um dos lados para que os *Boxes* didáticos fossem feitos em uma das laterais do Laboratório de Máquinas. Assim sendo, o fundo do Laboratório de Máquinas é o local mais prático para se conseguir abrir um espaço suficiente para a implantação dos *Boxes* Didáticos, uma vez que todos os mobiliários e equipamentos que se encontra neste espaço podem ser movidos e alocados em outro espaço dentro do Laboratório de Máquinas.

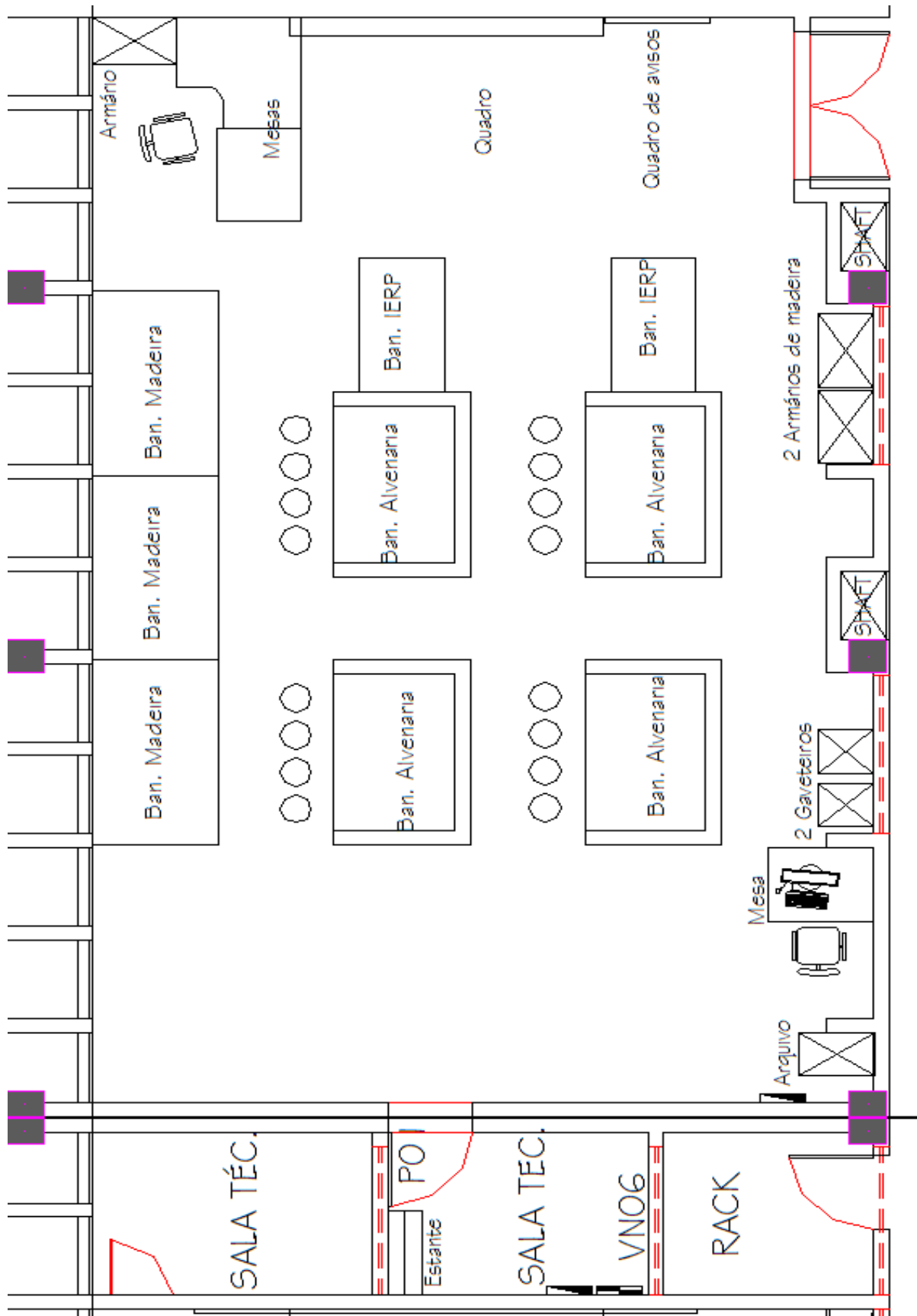
Mais uma vez com o auxílio do *software* *ZwCAD*®, foi desenhada uma *previa* do *Layout* do espaço físico do Laboratório de Máquinas reorganizando a disposição dos mobiliários e equipamentos. Este *Layout* pode ser observado na Figura 17.

A reorganização foi feita aproveitando o máximo de espaço disponível, desde os vãos entre as colunas até o espaço disponível onde atualmente é a mesa do professor. A reorganização foi discutida com o professor Renan Souza Moura, o qual deu parecer favorável ao novo *Layout* apresentado.

Como pode ser observado pela Figura 17 com a reorganização, conseguiu-se uma área de aproximadamente 18,20 m² onde serão projetados os quatros *boxes* didáticos para instalações elétricas. Vale ressaltar que nesta área faz-se necessário deixar um acesso à porta da sala técnica que se encontra no fundo do Laboratório, e também um acesso ao quadro de distribuição de energia elétrica do Laboratório que também se encontra na área do fundo do Laboratório.

Com o espaço disponível para a construção dos *boxes* didáticos no Laboratório de Máquinas definido e como as considerações iniciais a serem levadas em conta levantadas, partiu-se para a elaboração do Projeto dos *Boxes*. Essa etapa encontra-se no próximo capítulo.

Figura 17 - Layout Readequado do Laboratório de Máquinas – sem escala.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 DESENVOLVIMENTO – O PROJETO

Neste ponto, levado em conta os resultados da análise preliminar e todas as considerações iniciais do atual Laboratório de Máquinas, passara a apresentação da elaboração do projeto para os *boxes* didáticos a serem implementados.

4.1 Os *boxes* didáticos

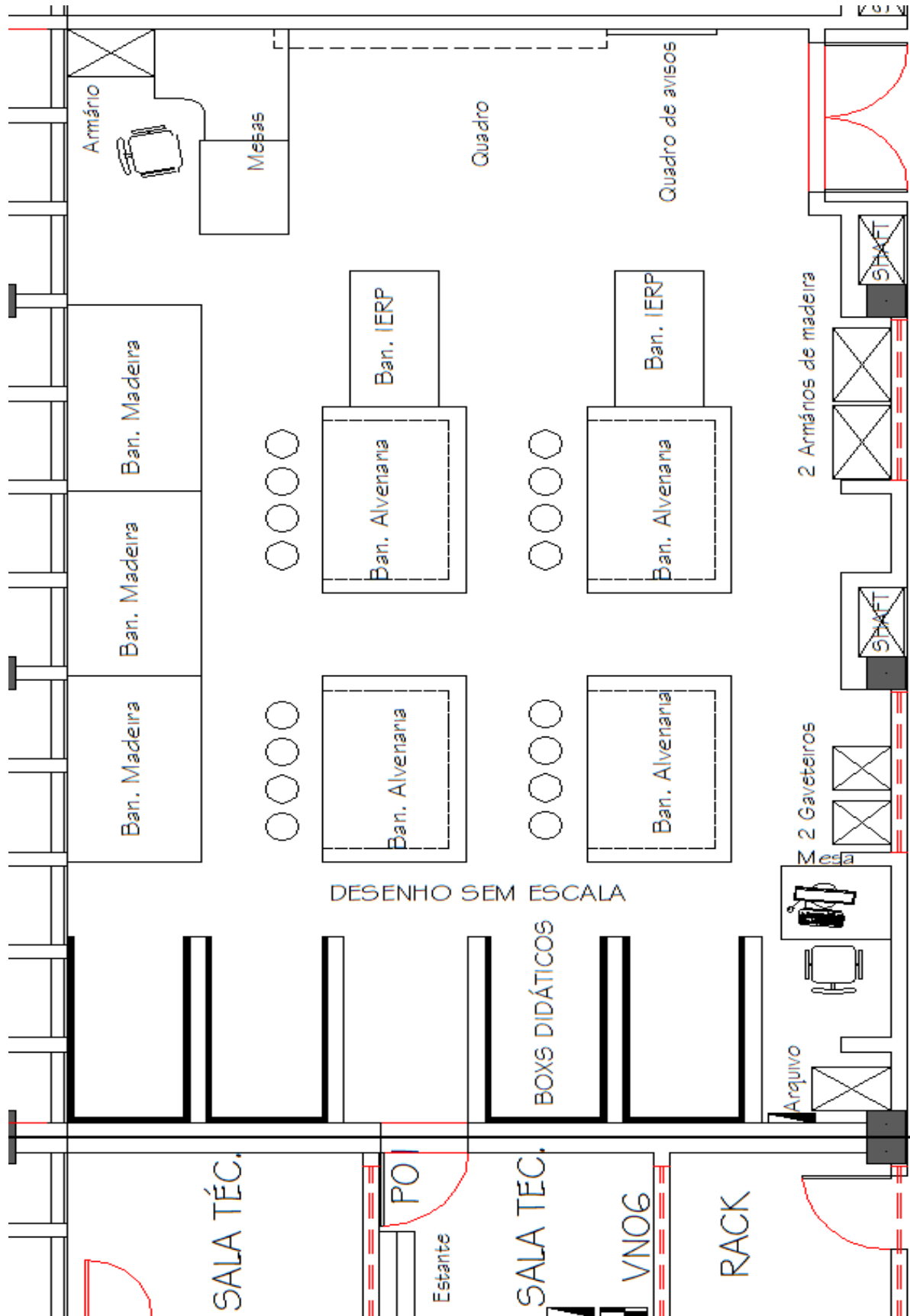
Como mencionado no capítulo anterior, com a reorganização conseguiu-se uma área de aproximadamente 18,20 m²(2,80 m x 6,50 m) no fundo do Laboratório de Máquinas (lado oposto ao quadro branco). Entretanto como foi ressaltado faz-se necessário deixar um acesso à porta da sala técnica e um acesso ao quadro de distribuição de energia elétrica do Laboratório de Máquinas, ambos no fundo do Laboratório.

Levando em conta as limitações físicas de espaço e as necessidades do Laboratório de Máquinas para atender a Disciplina de Instalações Elétricas e Eletrotécnica Industrial, verificou-se que o ideal seria que os *boxes* fossem de 2,00 m² cada. Cada *box* possuirá 2,00 m de comprimento por 1,00 m de largura e sua altura será de 2,50 m. Essas medidas foram discutidas com os professores Renan Souza Moura e Mariana Guimarães dos Santos, os quais salientaram que atenderiam as necessidades das disciplinas.

Com o auxílio do *software* ZwCAD®, foi desenhado (Figura 18) esboço do espaço ocupado pelos *boxes* didáticos no Laboratório de Máquinas, assim como os espaços de circulação e acessos a sala técnica e quadro de distribuição.

Como pode ser observado existirá um corredor de aproximadamente 1,00 m de largura entre as duas bancadas de alvenaria que ficam na parte oposta ao quadro branco e os *boxes* didáticos. Com este espaço o aluno tem facilidade de chegar aos *boxes* didáticos, bem como os *boxes* didáticos não comprometa a utilização das bancadas deste lado.

Figura 18 - *Layout* com esboço dos Boxes Didáticos no Laboratório de Máquinas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

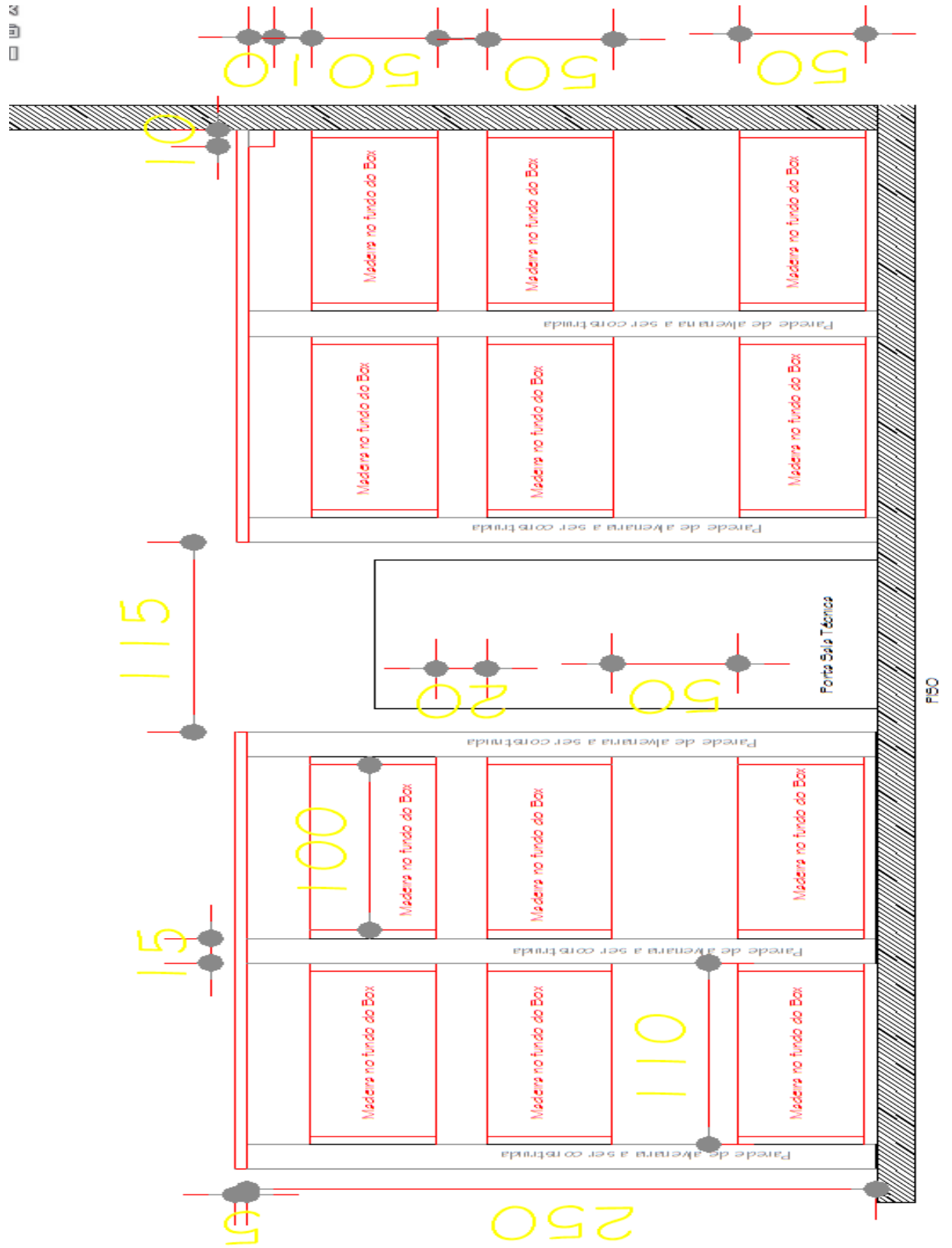
No presente projeto foi proposto que as paredes de divisões dos *boxes* fossem feitas de alvenarias (15 cm de espessura) e coberta por uma madeira macia de 05 cm de espessura. De acordo com as normas brasileiras regulamentadoras (NBR) 5410 e 5444 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem-se como padrão a instalação de tomadas e/ou interruptores em três alturas: baixo (300 mm do chão acabado), médio (1300 mm do chão acabado) e alto (2000 mm do chão acabado). Deste modo optou-se por colocar três faixas de madeira de 50 cm de altura (25 cm abaixo e 25 cm acima de cada altura mencionada anteriormente) atendendo as alturas pré-definidas por norma. Foi proposta também a colocação de três faixas de madeiras no teto para possibilitar ao aluno a instalação de lâmpadas entre outros equipamentos que ficam neste local.

Para um melhor entendimento, foi desenhado com o auxílio do *software ZwCAD®*, duas vistas da perspectiva isométrica (frontal e superior) dos *boxes* projetados, Figuras 19 e 20 , e com auxílio do *software Google SketchUp® 8 free* também foi desenhado uma visão em três dimensões, Figura 21.

As Figuras 19 e 20 mencionadas anteriormente contêm as medidas de comprimento, largura e altura, o que facilita a compreensão do projeto. A vista tridimensional, Figura 21, permite, por sua vez, uma melhor visualização da proposta de trabalho do presente documento.

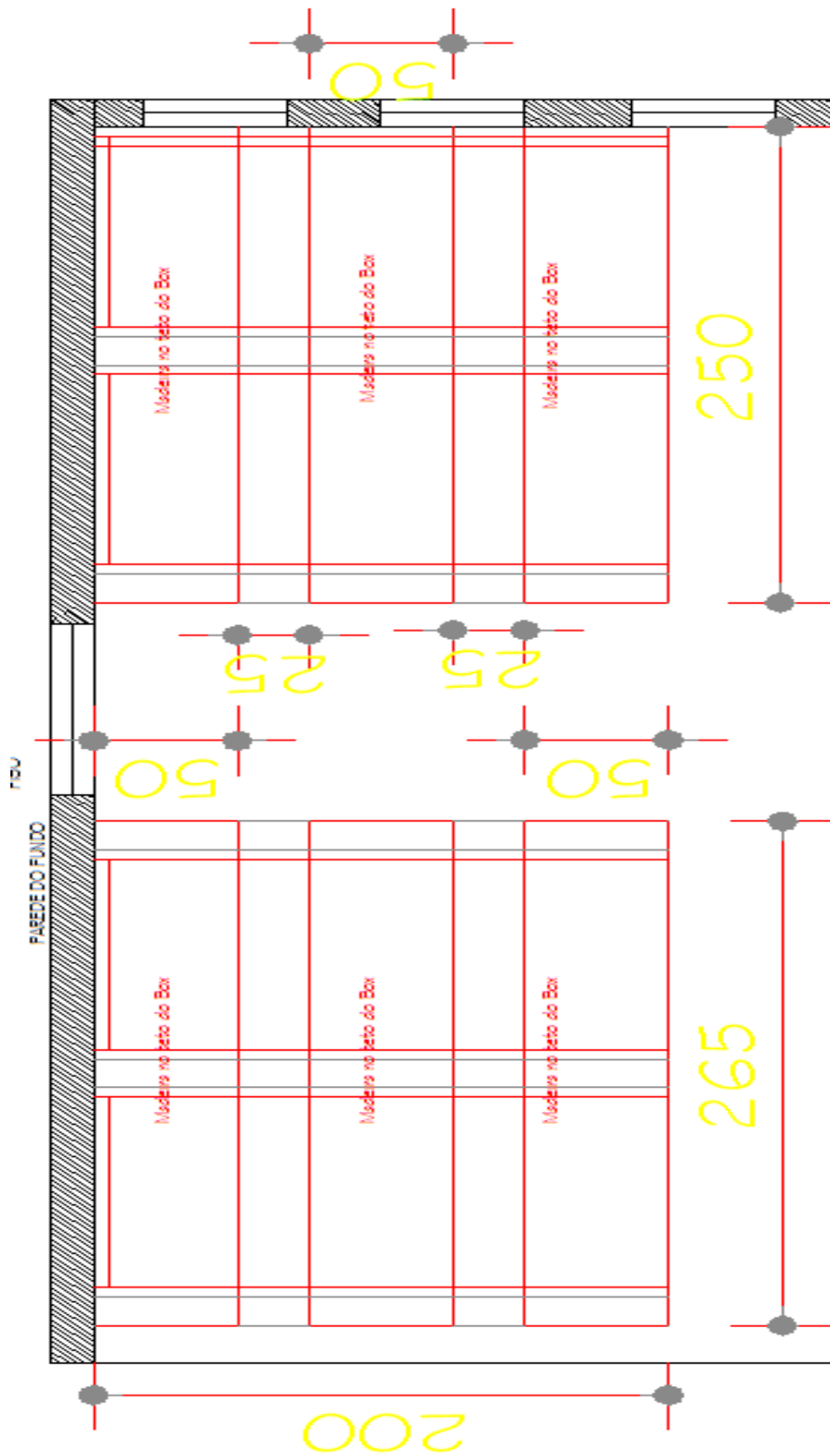
A utilização de madeiras foi sugerida pelo fato dos alunos poderem ter liberdades de fixarem os componentes, uma vez que se houvesse a necessidade de efetuarem furos na alvenaria gastaria uso de uma furadeira e buchas, além de comprometer a estrutura dos *boxes* com o passar do tempo. Para fixarem os componentes na madeira o aluno necessita somente de parafusos e chaves de fenda e/ou *Philips*. Ressalta-se que os furos gerados na madeira não comprometem a estrutura dos *boxes*. Quando a madeira estiver gasta e com muitos furos devido ao seu uso, comprometendo a utilização dos *boxes*, ela pode ser substituída facilmente por outra a um baixo custo.

Figura 19 - Vista Frontal do projeto dos *Boxes* Didáticos– sem escala – unidade em cm



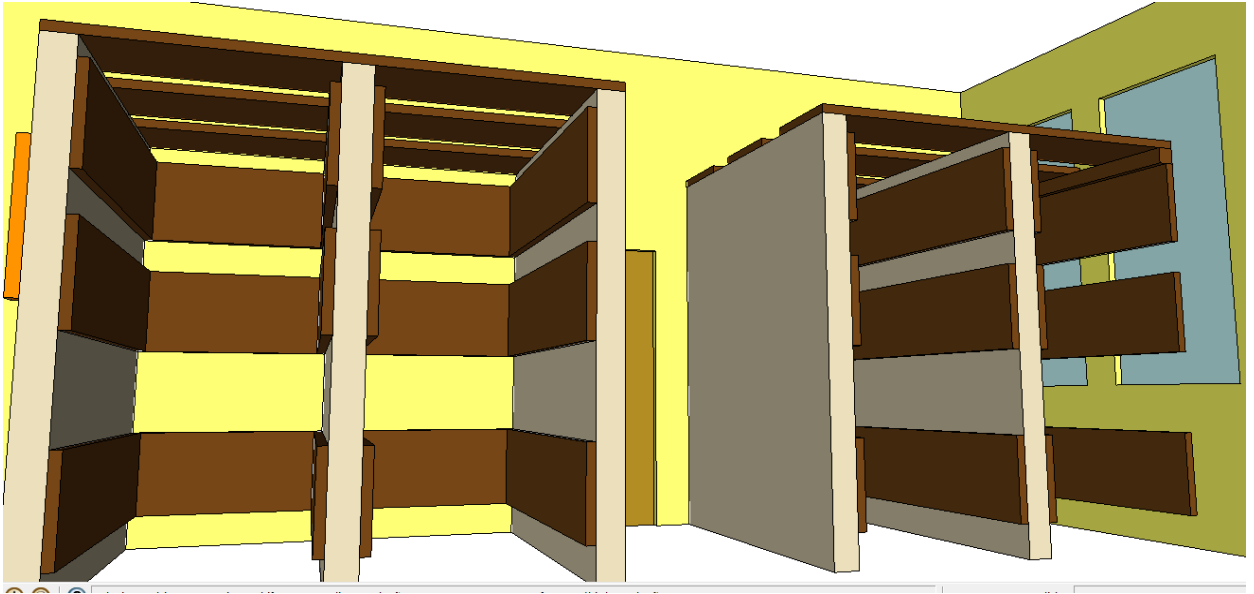
Fonte: Elaborado do autor.

Figura 20 - Vista Superior do projeto dos *Boxes* didáticos – sem escala – unidade em cm



Fonte: Elaborado do autor.

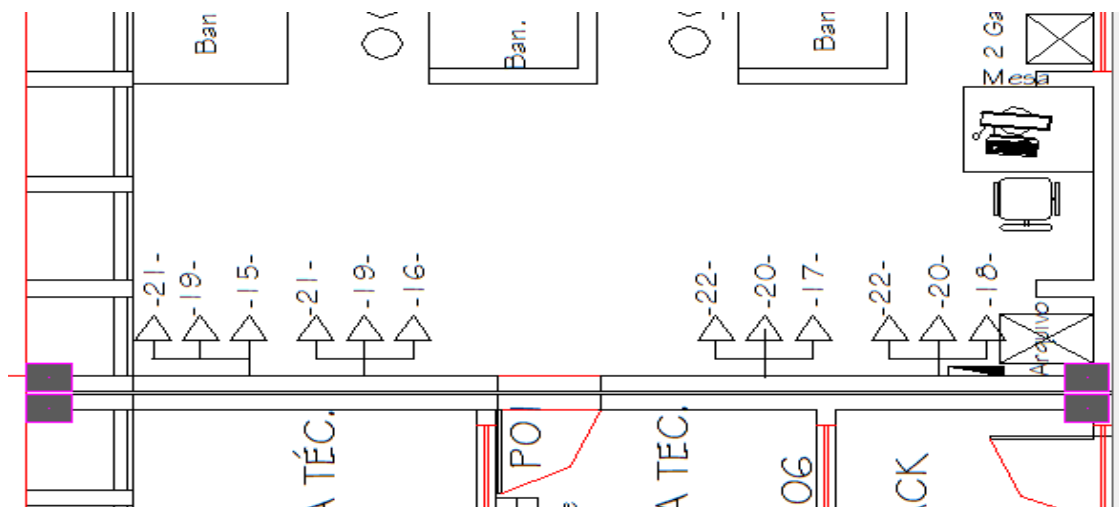
Figura 21 - Vista 3D do projeto dos *Boxes* didáticos – sem escala



Fonte: Elaborado do autor.

O *kit* proposto neste trabalho necessita de energia para o seu funcionamento. Foi verificado que no fundo do Laboratório de Máquinas existem quatro circuitos monofásicos (circuitos 15, 16, 17 e 18), dois circuitos bifásicos (circuitos 19 e 20) e dois circuitos trifásicos (circuitos 21 e 22), todos com disjuntores de 16 A (Figura 22). Como se pode observar na Figura 22 os circuitos bifásicos e trifásicos estão disponibilizados em dois pontos cada no fundo do laboratório, já os monofásicos em um ponto cada. Tal numeração dos circuitos está respeitando a numeração do projeto elétrico atual do Campus.

Figura 22 - Circuitos disponíveis no Fundo do Laboratório de Máquinas.



Fonte: Elaborado do autor.

Os circuitos mostrados na Figura 22 conseguem atender tranquilamente a necessidades de consumo de energia de cada *box*, uma vez que as práticas normalmente envolve um baixo consumo, além deles já estarem disponibilizados em pontos estratégicos, na parede de fundo de cada um dos *boxes*. Cada circuito bifásico e trifásico atenderá dois *boxes* didáticos, já os circuitos monofásicos será individual por *box*. Os circuitos serão disponibilizados nos *boxes* didáticos por uma barra de conectores (Figura 23) depois de terem passados por um quadro com disjuntores em cada *box*. Faz-se necessário os quadros de disjuntores para que o aluno possa realizar a montagem da prática com segurança, visando atender a Norma Regulamentadora NR-10 que vem tratar da Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Os circuitos só serão energizados depois da conferência do professor (a) ou responsável, não dependendo dos disjuntores do quadro principal do laboratório.

Figura 23 - Conector Barra



Fonte: http://www.eletoindex.com.br/media/catalog/product/c/o/conector_barra_h-20a12b-14mm_frente.jpg

Nestes *boxes* os alunos irão ter a possibilidade de trabalhar com abraçadeiras, eletrodutos, chave de fendas e *Philips*, alicates entre tantas outras ferramentas e equipamentos realizando montagens e que serão similares ao ambiente encontrado em uma construção civil.

A seguir irá tratar-se dos procedimentos de instalações dos *Boxes* Didáticos.

4.2 Procedimentos de instalações

Para instalação dos *Boxes* Didáticos foi definido um passo-a-passo a ser seguido possuindo 05 etapas, as quais podem ser vistas a seguir:

1. Em primeiro ponto orienta-se a reorganizar os mobiliários e equipamentos do Laboratório de Máquinas de acordo com o *Layout* apresentado na Figura 17 para que assim possa ser liberada a área onde vão ser edificados os *boxes* didáticos.
2. Em segundo lugar ocorrerá à construção das paredes de alvenaria. Serão construídas no total quatro paredes de 2,00 x 2,50 m com uma espessura de 15,00 cm, a fim de que se possa passar para a parte de fixação das faixas de madeira.
3. O terceiro ponto a ser seguido é a fixação das faixas de madeiras nas alturas mostradas nas Figuras 19 e 20. As madeiras a serem fixadas deverá ser uma madeira macia bem como possuir uma espessura de 5,00 cm em média.
4. O quarto passo é reorganização dos circuitos elétricos de cada *box* didáticos. Cada *box* didático possuirá um quadro de distribuição com no mínimo um disjuntor monopolar de 16A, um disjuntor bipolar de 16A e um disjuntor tripolar de 16A. Os circuitos saindo dos quadros serão disponibilizado para o uso do aluno em um conector barra fixado em uma das faixas de madeira que fica no teto dos *boxes*.
5. O ultimo passo é a realização de testes antes de liberar o uso dos mesmos para os alunos. O Teste faz-se necessário para se evitar eventuais acidentes.

Para a execução dos passos 2 e 3 o ideal é que o IFMG terceirize o serviço, pelo fato do Campus Formiga não possuir profissional qualificado na área.

4.3 Viabilidade econômica

O *kit* proposto deve ser viável financeiramente. Para realizar um estudo da viabilidade de implementação dos *boxes* didáticos projetados foi realizado um contato com os fornecedores de todos os *kits* e equipamentos mostrados neste trabalho para que se obtivessem os orçamentos dos mesmos. Todas as empresas consultadas retornaram o contato com os valores dos seus equipamentos, sendo que os mesmos encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Custo dos Kits Didáticos Disponíveis no Mercado.

Quantidades necessárias	Descrição	Investimento unitário	Investimento Total	Empresa Fornecedora.
04	IPC4410C	R\$ 12.516,00	R\$ 50.064,00	PerCon Perfect Connection
04	Maleta ITL2000	R\$ 6.500,00	R\$ 26.000,00	Dienzo Soluções Didáticas
04	<i>Kit</i> Didático de Instalações Residenciais e Prediais	R\$ 11.424,71	R\$ 45.698,84	Schooltech Equipamentos e Soluções Didáticas Ltda.
04	Módulo 2902pc - Instalações Elétricas Prediais	R\$ 8.289,00	R\$ 33.156,00	Datapool Eletrônica Ltda.
04	XI624	R\$ 15.650,00	R\$ 62.600,00	Exsto Tecnologia LTDA – ME
04	XI625	R\$ 28.350,00	R\$ 113.400,00	Exsto Tecnologia LTDA – ME
04	<i>Kit</i> modular de instalação elétrica residencial	R\$ 12.785,00	R\$ 51.140,00	Soma Indústria E Comércio Ltda.
02	Bancada Didática para Treinamento: 1Bancada Principal – BDMW + 2 Modulo Eletrotécnica – BDMW	R\$ 33.530,00	R\$ 67.060,00	WEG Equipamentos Elétricos S.A
02	IERP	R\$ 24.435,00	R\$ 48.870,00	De Lorenzo do Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor

Vale ressaltar que os *Kits* foram cotados de forma unitária, sendo assim, seria necessária a compra de quatro *kits* para igualar ao número de *Boxes* projetados. A exceção se dá pela Bancada Didática para Treinamento WEG que seria necessária a compra somente de duas, uma vez que foi orçada com os dois módulos de eletrotécnica, um de cada lado. Outra exceção é as Bancadas Didáticas IERP, as quais o IFMG – Campus Formiga já possui duas, sendo necessária a aquisição somente de mais duas para chegar ao número de postos de trabalho definidos para o laboratório.

Em relação ao *kit* proposto neste trabalho, foi realizado com o apoio de um profissional da área da construção civil um levantamento dos custos dos materiais e mão de obra gastos para a execução do projeto dos *boxes* didáticos. O levantamento pode ser observado na Tabela 4, que mostra o valor total do investimento para os quatro *boxes*. Vale ressaltar que existirão também gastos com materiais elétricos, entretanto o IFMG Campus Formiga possui a maior parte do material necessário, mas mesmo assim foi considerado um valor fictício para efeito de estudo.

Ressalta-se que os valores apresentados na Tabela 4 foram obtidos a fim de ser levantado um valor prévio inicial, podendo assim sofrer algumas alterações de acordo com o mercado. Ressalta-se também que se encontra disponível no mercado somente Madeira de pino de 30 cm de largura, sendo assim sua metragem foi dobrada afim de obtermos as faixas de madeira de 50 cm como estabelecida no projeto.

A Tabela 5 vem ressaltar a diferença de preços os *Kits* Didáticos que foram obtidos na Tabela 3 e o preço previsto de implementação dos *boxes* didáticos obtidos na Tabela 4. A tabela ainda ressalta em porcentagem esta diferença.

Tabela 4 – Levantamento do Custo de implementação dos *Boxes* Didáticos.

Descrição	Valor
Tijolos (420 unidades 9x19x29 cm)	R\$ 294,00
Mão de obra (pedreiro / auxiliar)	R\$ 1.200,00
Material (Areia / cimento / cal)	R\$ 400,00
Pintor / Tinta	R\$ 500,00
Madeira de pino 30 cm de largura (72 metros)	R\$ 1.440,00
Material Elétrico	R\$ 500,00
Valor Total	R\$ 4.334,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5 - Comparação de preços dos *Kits* didáticos.

Kits Didáticos	Diferença	%
IPC4410C Painel para Instalações Elétricas Prediais Completo	R\$ 45.730,00	1.055,14%
Maleta ITL2000	R\$ 21.666,00	499,90%
<i>Kit</i> Didático de Instalações Residenciais e Prediais	R\$ 41.364,84	954,42%
Módulo 2902pc - Instalações Elétricas Prediais	R\$ 28.822,00	665,02%
XI624 Banco De Ensaio Instalações Elétricas Em 220 V	R\$ 58.266,00	1.344,39%
XI625 - Banco De Ensaio Para Instalações Elétricas Com Motores	R\$ 109.066,00	2.516,52%
<i>Kit</i> modular de instalação elétrica residencial Marca: Soma – Modelo: KMIER-01.	R\$ 46.806,00	1.079,97%
Bancada Didática para Treinamento: 1 Bancada Principal – BDMW + 2 Modulo Eletrotécnica – BDMW	R\$ 62.726,00	1.447,30%
Bancadas Didáticas IERP	R\$ 44.536,00	1.027,59%

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a comparação fica evidente que a implementação dos *boxes* didáticos projetados se torna viável, uma vez que o custo para os quatro *boxes* é no mínimo 499,90% mais barato do que a aquisição dos *Kits* Didáticos presente no mercado.

Pode ser questionado sobre o material de consumo gasto no decorrer do ano como condutores, eletrodutos e fita isolante. A maior parte deste material consegue-se utilizar varias vezes no decorrer das aulas, com exceção da fita isolante. Estima-se que o Campus Formiga terá um gasto anual de no máximo R\$ 800,00 a fim de manter estes materiais de consumo em estoque. Como pode ser observado este valor é bem inferior as diferenças de investidos apresentados na Tabela 05, ou seja, mesmo com este gasto anual ainda é viável economicamente o projeto apresentado.

4.4 Sugestões de experiências

Neste tópico serão apresentadas algumas sugestões de experiências práticas utilizando os *boxes* didáticos projetados. Serão apresentadas práticas tanto para as disciplinas da área residencial quanto da área industrial. O Laboratório de Máquinas já possui componentes como interruptores, tomadas, disjuntores, motores (ver Tabela 6), e tantos outros que são raramente utilizados devido à inexistência de um *kit* apropriado.

Os motores citados na Tabela 6, por exemplo, devido ao fato de seus terminais não estarem dispostos didaticamente, ou seja, só são disponibilizados os fios para serem feitas emendas com fita isolante ou conectores, nunca foram utilizados pelos alunos em práticas laboratoriais, ou pior, os alunos nunca efetuaram um fechamento de motor diretamente em seus terminais.

Tabela 6 - Lista de Motores do Laboratório (excluindo motores pertencentes aos *Kits* da De Lorenzo).

Motor	Descrição	Quantidade
Motor Indução Monofásico 1/4CV	Motor Indução Monofásico, 1/4CV, 220V, 2 Polos Com Protetor Térmico - VOGES	01
Motor Monofásico	V 115; A 1.00/1.10; CV 1/12; Polos 6; Classe B; (50 Hz – 960/880 RPM); (60 Hz – 1100/870 RPM)	01
Motor Monofásico 1/12cv	Motor Monofásico 115V, 1/12CV, 6 Polos -EBERLE	01
Motor Monofásico 1/3cv	Metal Corte ,127/220vca, 2 Polos, Fase Dividida.	01
Motor Monofásico 1/8cv	Metal Corte, 127 VAC, 6 Polos, Cap. Permanente.	01
Motor Monofásico 1/8CV 6 Polos	Motor Monofásico 110V, 1/8CV, 6 Polos -EBERLE	01
Motor Monofásico 1400RPM	Motor Monofásico, 1400 RPM, 1.3/0.65 A, 127/220 V, Mod 1/25 - Metal Corte	03
Motor Monofásico 2CV	Metal Corte,127/220 VAC, 2 Polos, Fase Dividida.	01
Motor Monofásico 31MSP300920	Motor Monofásico, 31MSP300920, 220 V, 60 HZ - Metal Corte	02
Motor Monofásico 3CV	Metal Corte,127/220 VCA ,2 Polos, Fase Dividida.	01
Motor Trifásico3/4CV	220/380vac – 4 Polos – Gaiola.	01
Motor Trifásico3/4CV	Metal Corte,440 VAC, 4 Polos, Gaiola.	01
Motor Trifásico 1CV	220/380 VAC, 8 Polos, Gaiola.	01
Motor Trifásico 3/4cv	220/380 VAC, 2 Polos, Gaiola.	01
Motor Trifásico 4cv	220/440 VAC – 2 Polos – Gaiola.	01

Fonte: Elaborado pelo autor

As práticas aqui sugeridas irão tentar aproveitar ao máximo os equipamentos e componentes já existentes, fazendo com que o gasto com material elétrico seja mínimo no projeto. Vale ressaltar que essas Experiências são só algumas sugestões de várias possíveis, podendo o professor efetuar mudanças em seu conteúdo e até elabora novas Experiências.

Experiência 01 – Interruptores Simples.

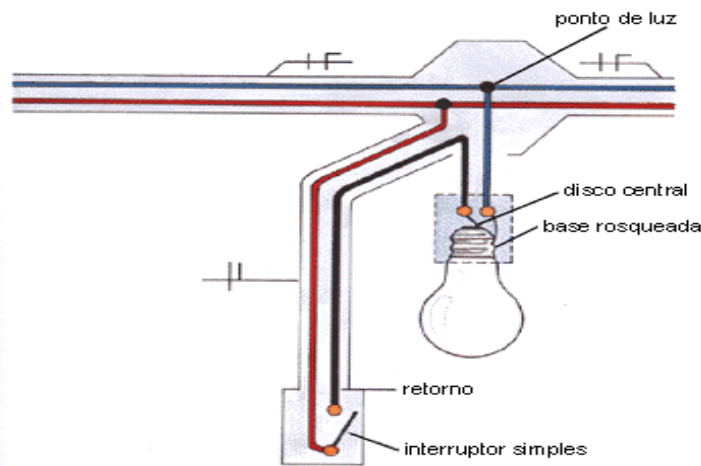
Objetivos

Efetuar a montagem de um interruptor simples conforme visto em sala de aula, a fim de que os alunos obtenham familiaridade com as ferramentas e alguns equipamentos elétricos como interruptores e disjuntores.

Procedimentos Práticos

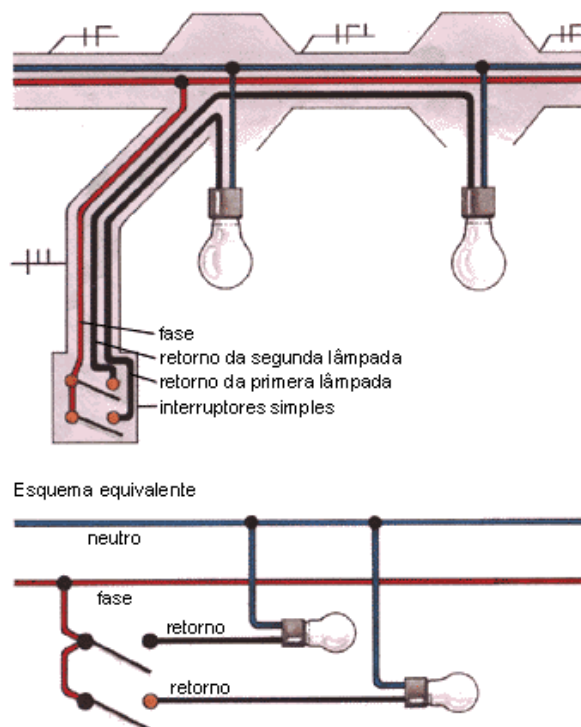
Os interruptores simples podem ser de uma, duas ou três seções. Eles podem ser externos ou internos, de acordo com o tipo de instalação. Os interruptores devem ser ligados de maneira a interromper a fase e não o neutro, conforme indicado nas Figuras 24 e 25, que mostram respectivamente os esquemas de ligação de um interruptor simples de uma seção e um interruptor simples de duas seções.

Figura 24 - Circuito elétrico de um interruptor simples.



Fonte: <http://www.oocities.org/gildoo/eletricidade/images/223.gif>

Figura 25 - Circuito Elétrico Interruptor simples duas Teclas.

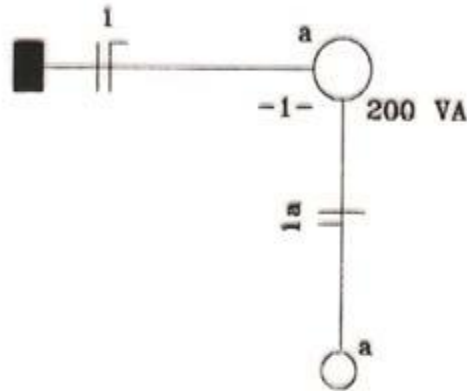


Fonte: <http://www.oocities.org/gildoo/eletricidade/images/224.gif>

Para melhor entendimento a Figura 26 mostra o circuito elétrico de comando para um interruptor simples de uma seção.

Figura 26 - Circuito elétrico em planta de um interruptor simples

ILUMINAÇÃO COM INTERRUPTOR SIMPLES



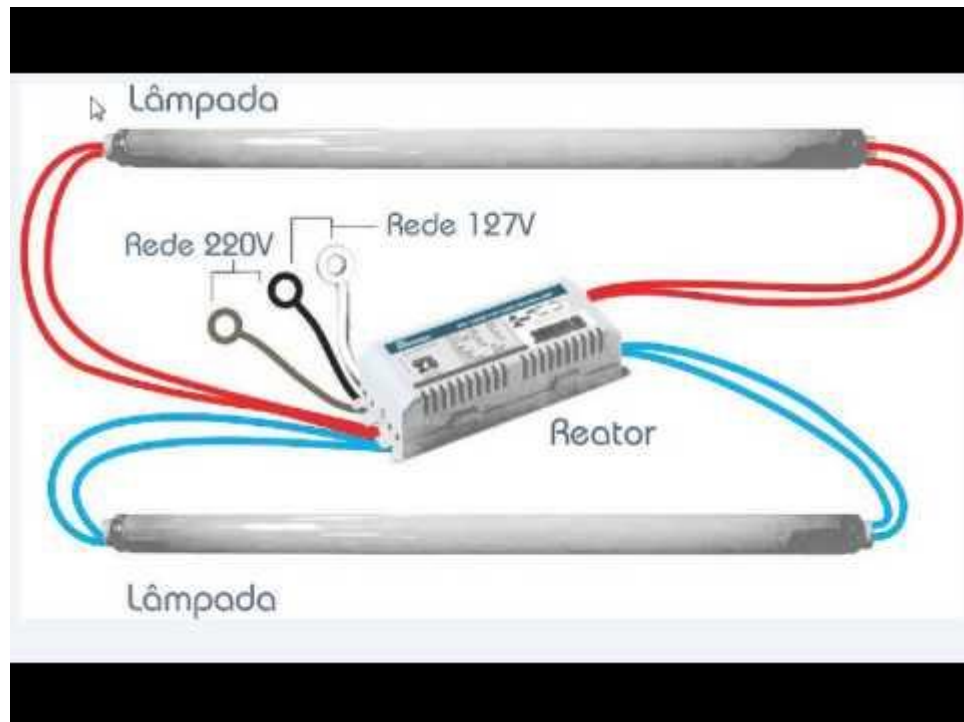
Fonte: <http://www.suzuki.arq.br/unidadeweb/sistemas2/aula7/interruptor%20simples.jpg>

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras, dentre elas pode se destacar:

- O professor pode cobrar do aluno um projeto (desenho) antes da realização da prática.
- Pode ser cobrado do aluno a montagem do circuito com a utilização de eletrodutos e/ou com a utilização de Roldana.
- A prática pode ser executada utilizando receptáculos (com lâmpada incandescente ou fluorescente compacta) ou soquetes para lâmpadas fluorescentes tubulares. A segunda opção proporcionará ao aluno a oportunidade de contato com um reator, o qual ele terá que efetuar o fechamento para que consiga energizar a lâmpada. A Figura 27 mostra o esquema de ligação de um reator eletrônico.

Figura 27 - Ligação reator em Lâmpada Fluorescente



Fonte: <http://i.ytimg.com/vi/j6SvfoBf3A0/0.jpg>

- Pode ser requerido ao aluno ligações desde um interruptor simples de uma seção até de três seções, ligando lâmpadas distintas.

Experiência 02 – Interruptores Paralelos e Intermediários.

Objetivos

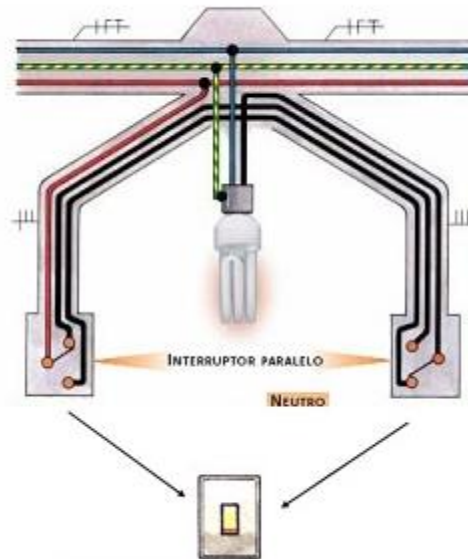
Efetuar a montagem de um circuito *Three Way* e de um circuito *Four Way* utilizando interruptores paralelos e intermediários conforme visto em sala de aula.

Procedimentos Práticos

Os interruptores paralelos são utilizados para a execução do circuito *Three Way*, onde dois interruptores comandam uma mesma lâmpada. Os interruptores paralelos possuem três caminhos para a corrente e permitem comandar uma mesma lâmpada de dois pontos diferentes. O esquema de ligação pode ser observado na Figura 28. Alguns eletricitistas costumam ligar o Interruptor Paralelo passando tanto o condutor neutro quanto o condutor

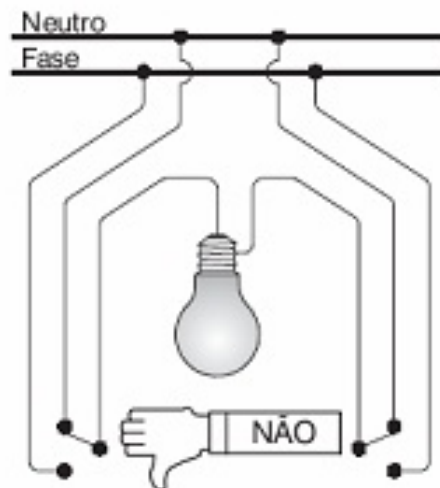
fase nos interruptores, Figura 29, entretanto, apesar de funcionar desta maneira, essa ligação é errada, podendo danificar equipamentos.

Figura 28 - Circuito elétrico de um interruptor paralelo.



Fonte: http://2.bp.blogspot.com/-TEFgHaRs3Hs/UH10Te6UL4I/AAAAAAAAADi0/ieaBzII-X_Q/s1600/tree_way_02.jpg

Figura 29 - Circuito elétrico de um interruptor paralelo ligado de maneira errada.

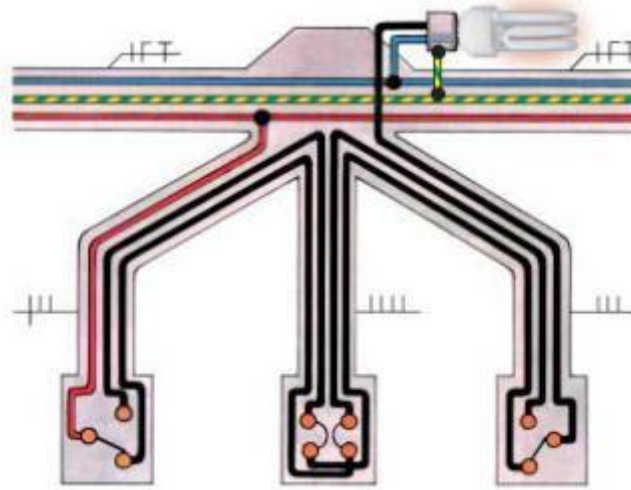


Fonte: http://2.bp.blogspot.com/-TEFgHaRs3Hs/UH10Te6UL4I/AAAAAAAAADi0/ieaBzII-X_Q/s1600/tree_way_02.jpg

Os interruptores paralelos também são utilizados para a execução do circuito *Four Way*, entretanto, para este caso, a necessidade também de interruptores intermediários. O circuito *Four Way* é utilizado onde há necessidade de três ou mais interruptores comandar uma mesma lâmpada. Os interruptores intermediários possuem quatro terminais, e oferecem

dois caminhos paralelos para a corrente. O esquema de ligação pode ser observado na Figura 30.

Figura 30 - Circuito elétrico de um interruptor paralelo.



Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/-mHVc67PRHuk/T1e7Wr9uc6I/AAAAAAAAABVc/7Naz7ayewPg/s1600/interruptor+intermediario+esquema.bmp>

O circuito *Four Way* pode ser executado utilizando somente interruptores intermediários, entretanto devido ao seu preço utilizam-se dois interruptores paralelos nas extremidades do circuito, intercalando com interruptores intermediários de acordo com a quantidade de pontos desejado de comando.

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras. Além das sugestões citadas na prática passada, pode-se considerar a possibilidade de juntar as duas práticas, uma vez que os interruptores podem ter até três seções, podendo ser elas de interruptores simples, paralelos, intermediários ou até tomadas que será mostrado posteriormente.

Experiência 03 – Interruptores Bipolares.

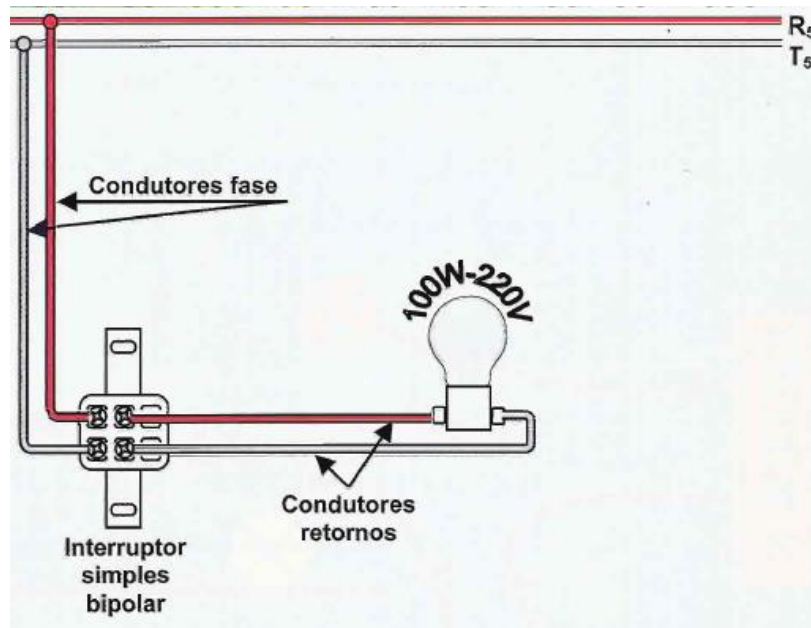
Objetivos

Efetuar a montagem de um circuito de comando de uma lâmpada bifásica utilizando interruptor bipolar.

Procedimentos Práticos

Apesar de ser pouco usado, uma vez que na maioria das ocasiões se utiliza disjuntores bipolares ou interruptor monofásico, os interruptores bipolares são utilizados na instalação de lâmpadas de 220 V, uma vez que consegue interromper as duas fases (Figura 31).

Figura 31 - Instalação de interruptor simples bipolar.



Fonte: http://dc607.4shared.com/doc/_iO4juZI/preview.html

A maneira correta para uma instalação de Lâmpada Bifásica é com a utilização desses interruptores, uma vez que os disjuntores são equipamentos de proteção e ficam normalmente localizados nos quadros de distribuição, já os interruptores monopolar consegue interromper somente uma das fases, deixando assim sempre uma fase energizada na lâmpada.

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras, com sugestões já citadas nas experiências passadas.

Experiência 04 – Campainha.

Objetivos

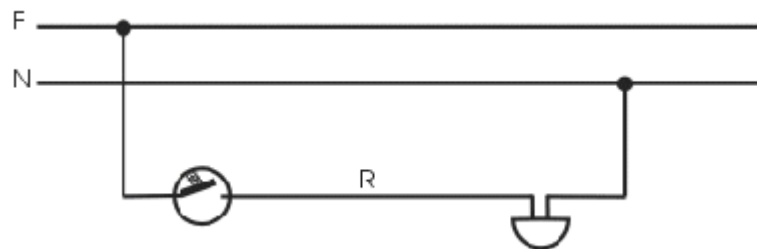
Efetuar a montagem de um circuito de comando de uma campainha.

Procedimentos Práticos

A campainha é um dispositivo elétrico que quando energizado tende a emitir um sinal sonoro ou ruído. Para se acionar uma campainha ou cigarra, utiliza-se um interruptor especial, os quais são providos de um mecanismo (mola) que força a abertura dos contatos imediatamente após o acionamento do interruptor devido ao fato dela ser acionada apenas por um curto intervalo de tempo.

O esquema de ligação é bem similar ao de um interruptor simples, onde a campainha seria a lâmpada. O esquema de ligação pode ser observado na Figura 32.

Figura 32 - Esquema de Ligação Campainha.



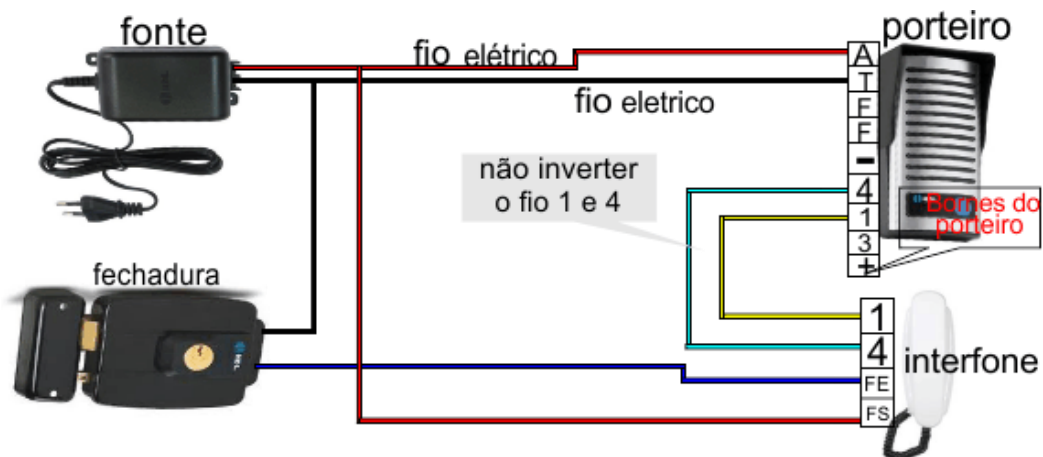
Fonte: <http://guias.oxigenio.com/wp-content/uploads/2014/03/educac21.gif>

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras, com sugestões já citadas nas experiências passadas.

Pode ser acrescentada nesta experiência a ligação de um Interfone que além de efetuar o mesmo papel da campainha, pode permitir a comunicação entre dois ou mais pontos por meio de um telefone interno. Dependendo do modelo o interfone pode ainda controlar uma fechadura elétrica de portão. A Figura 33 mostra a instalação de um modelo de Interfone.

Figura 33 - Esquema de Ligação Interfone.



Fonte: <http://www.robertdicastecnologia.com.br/wp-content/uploads/2013/12/esquema-de-liga%C3%A7%C3%A3o-2.png>

Experiência 05 – Tomadas 2P+T Monofásica e Bifásica.

Objetivos

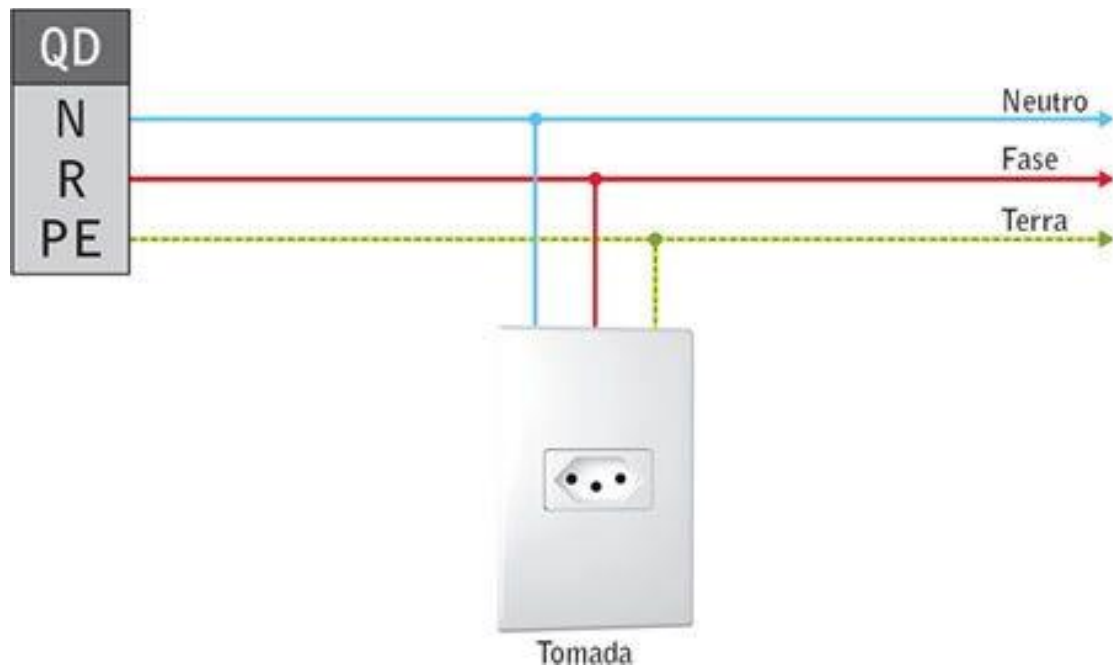
Efetuar a montagem de um circuito de uma tomada Monofásica e uma tomada Bifásica.

Procedimentos Práticos

As tomadas 2P+T podem ser monofásicas (127 V) ou bifásicas (220 V). Existem diversos padrões de tomadas no mundo, entretanto no Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT – regulamenta este modelo. Existem tomadas de diversas cores as mais comuns são as Brancas (amarelas), as Pretas e as Vermelhas, que são utilizadas para 127 V, 220 V e energia estabilizada respectivamente.

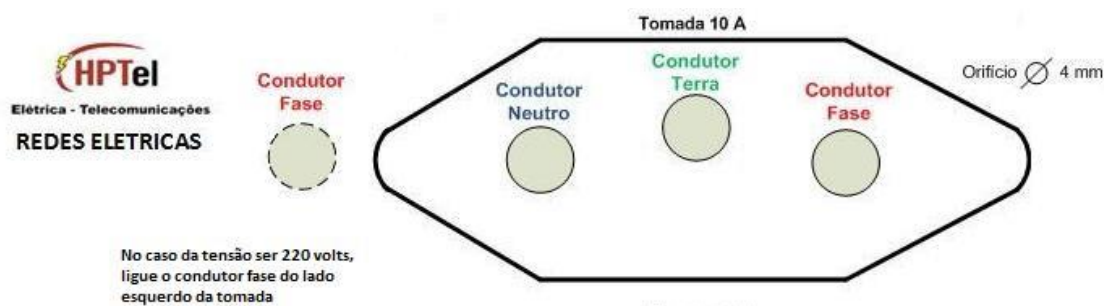
As Figuras 34 e 35 mostram o esquema de ligação para uma tomada monopolar. Para efetuar a ligação de uma tomada bipolar basta ao aluno substituir o condutor neutro por outro condutor Fase.

Figura 34 - Esquema de Ligação de uma Tomada Monofásica



Fonte: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/46/imagens/i327145.jpg>

Figura 35 - Esquema de Ligação de uma Tomada Monofásica



Fonte: <http://redeseletricas.files.wordpress.com/2010/09/tomadas-padrao-3.jpg>

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras, com sugestões já citadas nas experiências passadas, uma delas é a possibilidade de ser exigido do aluno a montagem de uma tomada em conjunto com a montagem de um interruptor, desde que sejam pertencentes a circuitos distintos a fim de respeitar a norma NBR5410.

Experiência 06 – Tomada Trifásica padrão Industrial, STECK.

Objetivos

Efetuar a montagem de um circuito de uma tomada Trifásica padrão Industrial *Steck*, visando proporcionar ao aluno um conhecimento no meio industrial.

Procedimentos Práticos

As tomadas *Stecks* são amplamente utilizadas em indústrias para energização de equipamentos Trifásicos. Existem no mercado diversos modelos dessa tomadas, que são classificados quanto a corrente, posição do pino terra (horas), tensão máxima suportada e quantidades de pinos. Existem tomadas 3P + T (três fases e o pino terra), 3P + N + T (três fases, neutro e o pino terra) entre outras. Sua instalação é de fácil entendimento uma vez que na própria tomada são indicados onde se deve conectar cada condutor.

As Figuras 36 a 38 mostram alguns modelos de tomadas *Stecks*.

Figura 36 - Exemplo de Tomada *Steck* 3P+T para fixação em caixa.



Fonte: <http://www.decorwatts.com.br/imagens-de-produtos/2011-06-14-10-12-44-Brasikon%20Tomada%20de%20Embutir%20S-4049%204246%203046.jpg>

Figura 37 - Exemplo de Tomada *Steck* para fixação em parede.



Fonte: <http://www.joclamar.com.br/upl/produtos/2106.jpg>

Figura 38 - Modelos de Tomadas *Stecks*



Fonte: http://www.ribeirorepresentacoes.com/imagens/produtos/TOMADAS_NEWKON_STECK_site.JPG

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras, com sugestões já citadas nas experiências passadas.

Experiência 07 – Sensores – Fococélulas e sensores de presença.

Objetivos

Efetuar a montagem de um sistema utilizando Fococélulas e outro sensor de presença para acionamento de uma carga.

Procedimentos Práticos

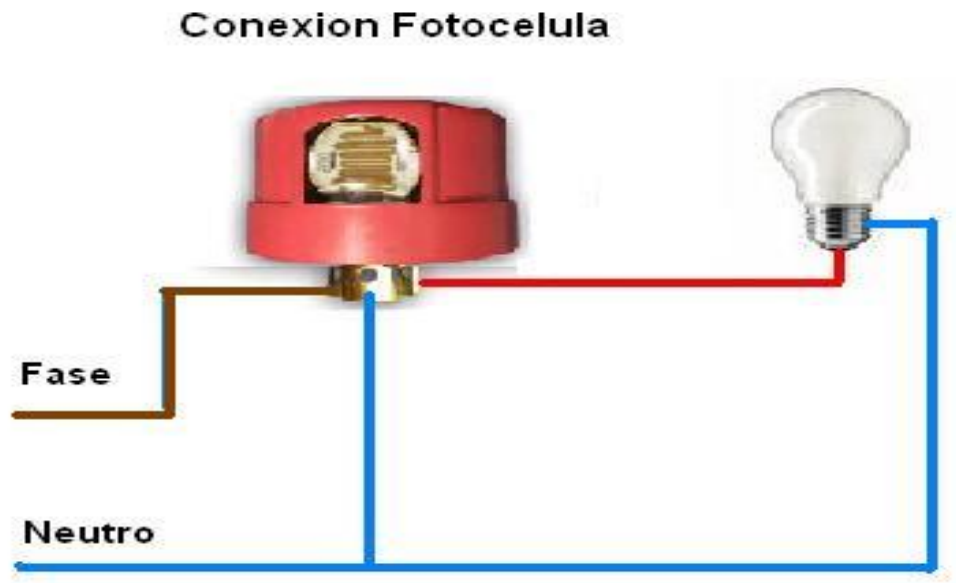
As Fococélulas e sensores de presenças estão presentes constantemente em nosso dia a dia. As Fococélulas, por exemplo, além de acionarem a iluminação nas ruas (iluminação pública), é utilizada com certa frequência para ligarem placas publicitárias. Os sensores de presença são utilizados para acionarem alarmes e/ou iluminação em pontos onde existem um fluxo de pessoas constante. Os esquemas de ligações dos dois equipamentos são bem parecidos. As Figuras 39 e 40 exemplificam o esquema de ligação de um sensor de presença e uma fococélula respectivamente.

Figura 39 - Instalação Sensor de presença.



Fonte: http://mlb-s2-p.mlstatic.com/sensor-de-presenca-mpl06-teto-360-tempo-fixo-1-min-14528-MLB4059315753_032013-O.jpg

Figura 40 - Instalação de uma Fotocélula.



Fonte: http://1.bp.blogspot.com/-G9G_GP_iUSM/UIRT3IXhALI/AAAAAAAAADMU/10c6y_kuxe4/s1600/foto+celula.jpg

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras, com sugestões já citadas nas experiências passadas.

Experiência 08 – Motor Monofásico.

Objetivos

Efetuar o fechamento e ligação de um motor monofásico.

Procedimentos Práticos

Motores monofásicos não podem partir sozinhos porque não conseguem formar o campo girante, como acontecem com os motores trifásicos. O campo magnético devido a uma só fase é pulsante, tendo sempre a mesma direção e não permitindo a indução de correntes significativas nos enrolamentos do rotor.

Porém, se de alguma forma se puder conseguir um segundo campo com defasagem de 90° em relação à alimentação, se terá um sistema bifásico, com a consequente formação de um campo girante capaz de promover a partida.

Existem várias maneiras de proporcionar esta defasagem. Cada uma delas corresponde a um determinado tipo de motor monofásico. É importante salientar que após atingir certa velocidade (entre 65 - 80% de sua velocidade síncrona), o motor pode continuar trabalhando com uma só fase. Isto quer dizer que, após acelerado, o circuito auxiliar de partida pode ser "desligado" sem que o motor pare.

Nesta Experiência não foi mostrado um esquema de montagem devido ao laboratório possuir vários modelos de motores monofásicos, e os mesmos possuem especificações diferentes. Entretanto cada motor possui uma placa com informações vindas de fábrica, as quais orienta o instalador a realização do seu fechamento.

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras:

- O professor pode exigir do aluno um esboço do projeto de ligação;
- A energização do motor pode ser feita por um disjuntor trifásico ou um contator.
- A prática pode ser realizada em conjunto com outras experiências.

Experiência 09 – Motor Trifásico – Partida Direta.

Objetivos

Efetuar o fechamento de um motor bem como realizar sua partida direta.

Procedimentos Práticos

A partida de motores elétricos é uma das fases mais críticas do seu funcionamento, pois nesse instante o motor solicita uma corrente muito maior do que em serviço contínuo, devido à mudança do estado de inércia do motor. No instante de partida essa corrente varia de seis a oito vezes o valor da corrente nominal do motor, por isso este instante é chamado de “pico de corrente”. A amplitude e tempo de pico da corrente inicial dependem das condições de partida.

Em partidas sob carga a corrente é mais elevada do que em partidas a vazio podendo chegar a até dez vezes o valor da corrente nominal. Essas correntes elevadas podem acionar os dispositivos de proteção e comando, além de sobrecarregar a rede alimentadora de forma prejudicial.

A partida direta é a forma mais simples de partir motores assíncronos, na qual as três fases são ligadas diretamente ao motor. Esse método não permite o controle da corrente de partida. A partida direta deve ser realizada apenas em motores abaixo de 5 CV, ou em instalações industriais abaixo de 10 CV.

Vantagens:

- Equipamentos simples e de fácil construção e projeto
- Conjugado de partida elevado
- Baixo custo
- Partida rápida

Desvantagens:

- Acentuada queda de tensão no sistema de alimentação da rede, que ocasiona interferências em equipamentos instalados no sistema.
- Os sistemas de acionamentos (dispositivos e condutores) devem ser superdimensionados, elevando os custos do sistema.
- Imposição das concessionárias que limita a queda de tensão na rede.

Nesta Experiência não foi mostrado um esquema de montagem devido ao laboratório possuir vários modelos de motores trifásicos, e os mesmos possuem especificações diferentes. Entretanto cada motor possui uma placa com informações vindas de fábrica, as quais orienta o instalador a realização do seu fechamento.

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras:

- O professor pode exigir do aluno um esboço do projeto de ligação;
- A energização do motor pode ser feita por um disjuntor trifásico ou um contator.
- A prática pode ser realizada em conjunto com outras experiências.

Experiência 10 – Motor Trifásico – Partida Estrela/Delta.

Objetivos

Efetuar o fechamento de um motor bem como realizar sua partida manual em Estrela/Delta.

Procedimentos Práticos

O sistema de partida estrela-triângulo é um dos mais utilizados nas plantas industriais devido a sua praticidade, eficiência e baixo custo. A Partida estrela-triângulo é um método de partida de motores elétricos trifásicos, que utiliza uma chave de mesmo nome. Esta chave, que pode ser manual ou automática, é interligada aos enrolamentos do motor.

Neste método o motor parte em configuração estrela que proporciona uma maior impedância e menor tensão nas bobinas diminuindo assim a corrente de partida o que ocasionará uma perda considerável do conjugado (torque) de partida.

Através desta manobra o motor realizará uma partida mais suave, reduzindo sua corrente de partida a aproximadamente 1/3 da que seria se acionado em partida direta. Como o motor parte em estrela, a corrente que passará por seus terminais em fase equivalerá a I_f será equivalente a I_n a corrente de linha da rede, porém com tensão de $V_f = V_l / (\text{raiz quadrada de } 3)$.

Um ponto importantíssimo em relação a este tipo de partida de motor elétrico trifásico, é que o fechamento para triângulo só deverá ser feito quando o motor atingir pelo menos noventa por cento da rotação nominal. Logo, o ajuste de tempo de mudança estrela-triângulo deverá estar baseado neste fato.

Vantagens:

Através desta manobra o motor realizará uma partida mais suave, reduzindo sua corrente de partida a aproximadamente 1/3 da que seria se acionado em partida direta.

Desvantagens:

A Partida Estrela-triângulo não pode ser utilizada em qualquer situação. É necessário que o motor tenha disponível pelo menos seis terminais dos enrolamentos e que a tensão nominal (tensão da concessionária) seja igual à tensão de triângulo do motor. Existe também uma perda considerável do conjugado (torque) de partida.

Nesta Experiência não foi mostrado um esquema de montagem devido ao laboratório possuir vários modelos de motores trifásicos, e os mesmos possuírem especificações diferentes.

Entretanto cada motor possui uma placa com informações vindas de fábrica, as quais orienta o instalador a realização do seu fechamento.

Sugestões ao Professor

A prática pode ser aplicada aos alunos de diversas maneiras:

- O professor pode exigir do aluno um esboço do projeto de ligação;
- A energização do motor pode ser feita por uma chave estrela/triângulo manual, ou com contadores.
- A prática pode ser realizada em conjunto com outras experiências.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma grande carência de uma melhor qualificação dos discentes em cursos técnicos e superiores visando a sua inserção no mercado de trabalho. O mercado vem exigindo uma grande busca de profissionais de nível médio e superior na área de tecnologia nas instituições federais de ensino médio e superior.

Para tentar sanar essa carência, a atualização do conhecimento constantemente na formação do aluno é algo primordial. Para que haja êxito nesta empreitada deve haver um trabalho conjunto entre aluno e instituição de ensino: o primeiro entra com o interesse de aprender cada vez mais e o segundo investindo em sua infraestrutura.

Até o presente momento em que foi encerrado este projeto o IFMG – Campus Formiga apresenta uma grande carência na área de eletrotécnica, para ser mais exato, nas disciplinas práticas de Instalações Elétricas e Eletrotécnica Industrial, onde o campus possui somente duas Bancadas IERP e cinco *kits* de Instalações Elétricas elaborados no próprio campus do IFMG. Como foi discutido no decorrer do trabalho estes *kits* não permitem a efetiva aplicação das técnicas em condições semelhantes às reais e apresentando ainda diversos pontos falhos. Nem os *kits* e bancadas disponíveis no mercado destinados a áreas de instalações elétricas consegue sanar os pontos falhos levantados.

Com o presente Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado o projeto para desenvolvimento de *boxes* didáticos de baixo custo para práticas de instalações elétricas residenciais e prediais para o Laboratório de Máquinas do IFMG Campus Formiga, onde o aluno terá a possibilidade de ter uma capacitação em ambiente parecido ao que encontrará no dia a dia de trabalho.

Com os *boxes* projetados os alunos terão a possibilidade de trabalharem diretamente com os componentes (contatores, disjuntores, interruptores entre outros) dando a oportunidade ao aluno de conhecer as particularidades e as técnicas de montagens dos mesmos, sem contar que eles irão desenvolver habilidades práticas de manuseio de ferramentas manuais utilizadas nas instalações elétricas como alicates de corte, alicates de bico, alicates universais, chaves de fenda, chave *Philips*, entre outras, além da utilização de fita isolante nas emendas de cabos.

Justificado na seção de viabilidade financeira, visando também uma melhor capacitação dos alunos do curso Técnico em Eletrotécnica e do curso Bacharelado em Engenharia Elétrica para o mercado de trabalho, é proposta à implementação dos *Boxes* aqui projetados.

5.1 Trabalhos futuros

Uma primeira sugestão de trabalho futuro é fazer uma análise semelhante de readequação do espaço e analisar a utilidade dos *kits* didáticos contidos nos outros laboratórios com a aplicação da mesma metodologia de trabalho proposta nos Capítulos anteriores.

Uma segunda sugestão seria um estudo mais aprofundado do presente projeto exposto por este trabalho para sua real implantação, bem como levantamentos de novas sugestões de aulas práticas que podem ser realizadas com o *kit* e adaptações que possam vir a acrescentar.

Outra opção a ser considerada seria a substituição das paredes de alvenaria que foram projetadas por madeira o que poderia diminuir o valor do investimento a ser feito pelo Campus Formiga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATÁLOGO DA BANCADA DIDÁTICA PARA TREINAMENTOS – WEG; Disponível em <<http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Paineis-Eletricos/Bancada-Didatica/Bancadas-Didaticas-para-Treinamentos>>

CATÁLOGO DA BANCADA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS E INDUSTRIAIS - XI625– Exsto Tecnologia. Disponível em <<http://www.exsto.com.br/uploads/download-elerotecnica-xi625-banco-de-ensaios-para-instalacoes-eletricas-com-motores.pdf>>

CATÁLOGO DA BANCADA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS E RESIDENCIAIS- XI624– Exsto Tecnologia. Disponível em <<http://www.exsto.com.br/uploads/download-domotica-xi624-instalacoes-eletricas.pdf>>

CATÁLOGO DA MALETA DIDÁTICA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - ITL 2000 – Dienzo; Disponível em <<http://dienzo.com.br/produtos/itl2000>>

CATÁLOGO DO MÓDULO 2902PC - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS - Datapool. Disponível em <http://www.datapool.com.br/index.php?area=prod&campo=Eletricidade&name=M%F3dulo%202902PC%20-%20Instala%E7%F5es%20El%E9tricas%20Prediais&id=310&id_cat=16>

CATÁLOGO DO FABRICANTE *KIT* DIDÁTICO DE INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS E PREDIAIS – Schooltech. Disponível em <http://www.schooltech.com.br/prod_elerotecnica_kit_isnta.html>

CATÁLOGO DO *KIT* EDUCACIONAL DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS MODELO PC4410 – PerCon; Disponível em <<http://www.acesopercon.com.br/c10p037.php>>

CATÁLOGO DO *KIT* MODULAR DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL (KMIER-01) – Soma. Disponível em <<http://www.soma.eng.br/banca-eletricidade/kit-de-instalacao-eletrica-residencial-modular>>

COTRIM, Ademaro A. M. B. *Instalação Elétrica*. 4. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas*. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CREDER, Hélio. *Manual do Instalador Eletricista*. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

DEL TORO, Vincent, *Fundamentos de Máquinas Elétricas*. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora: LTC –, 1999.

INSTALAÇÃO DE UMA CAMPAINHA OU CIGARRA - DBC Oxigênio. Disponível em <<http://guias.oxigenio.com/instalacao-de-uma-campainha-ou-cigarra>>

FALCONE, A. G. *Eletromecânica*. V. 1. São Paulo. Editora Edgard Blücher, 1979.

FICHINI, Adriano. O sucateamento da engenharia no Brasil. *O Setor Elétrico*, Local,v.1, n. 1,p. 150, ABR - 2014.

FRANCHI, Claiton M, *Acionamentos Elétricos*. 3. Ed. São Paulo: Editora Èrica, 2008.

FITZGERALD, A.E. – *Máquinas Elétricas*. 6. Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.

Manual do usuário IERP, De Lorenzo do Brasil.

KOSOW, Irving L., *Máquinas Elétricas e Transformadores*. 14. Ed. Porto Alegre. Editora Globo, 2000.

MATRIZ CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - IFMG Formiga. Disponível em <http://formiga.ifmg.edu.br/images/stories/downloads/Matriz_curricular%201.pdf>

MATRIZ CURRICULAR DO CURSO DE TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA CONCOMITANTE - IFMG Formiga. Disponível em <<http://formiga.ifmg.edu.br/images/stories/secretariaacademica/T%C3%A9cnico%20em%20Eletrot%C3%A9cnica%20Concomitante%202012.1.pdf>>

NEVES, Prof. Eurico G. de Castro. MÁQUINAS E TRANSFORMADORES ELÉTRICOS, Universidade Federal de Pelotas -UFPEL- Pelotas – RS, v.1,n.1,p.01-03, 2012. Disponível em <http://minerva.ufpel.edu.br/~egcneves/disciplinas/mte/caderno_mte/motor_mono.pdf>

NBR 5410: *Instalações elétricas de baixa tensão*, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, v.2, n.1, p.01-209, 2004. Disponível em <<http://www.pt.slideshare.net/jacksoow/nbr-5410-instalacoes-eltricas-em-baixa-tensao>>

NBR 5444: *Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais*, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, v.1, n.1, p.01-09, 1989. Disponível em <http://www.ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM249/NBR_5444-1989_Simbolos_Graficos_para_Instalacoes_Prediais.pdf>

NR 10: *Segurança Em Instalações E Serviços Em Eletricidade*, Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, v.1, n.1, p.01-13, 2004. Disponível em <http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E216601310641F67629F4/nr_10.pdf>

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_auspin/Anexos/07_2010/MU8803051-2.pdf>

OLIVEIRA, José Carlos; COGO, João Roberto e ABREU, Sílvio Frois, *Transformadores: teoria e ensaios*. 2. Ed. São Paulo. Editora Edgard Blücher, 1964.

PENÃ, José Roberto Quezada; MARTINS, Francimary Macêdo; NETO, Manuel Leonel da Costa; SALES, Roberto Arturo Quezada. INSERÇÃO DE NOVAS METODOLOGIAS E TECNOLOGIAS NOS LABORATÓRIOS DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém-PA, v.1, n.1, p.01-10, 2012. Disponível em <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104133.pdf>>

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>>

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>

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 ICBL2009, Florianópolis - SC, v.1, n.1,p.10-18, 2009. Disponível em <<http://wright.ava.ufsc.br/~alice/icbl2009/proceedings/program/pdf/Contribution028.pdf>>