



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

**RAFAEL NOBORU KAWASAKA**

**ESTUDO DE MELHORIAS DOS PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO DA FACULDADE  
DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ - UNESP**

Guaratinguetá

2012

RAFAEL NOBORU KAWASAKA

ESTUDO DE MELHORIAS DOS PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO DA FACULDADE  
DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ – UNESP

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Conselho de Curso de Graduação em  
Engenharia Mecânica da Faculdade de  
Engenharia do Campus de Guaratinguetá,  
Universidade Estadual Paulista, como  
parte dos requisitos para obtenção do  
diploma de Graduação em Engenharia  
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Durval Luiz S. Ricciulli

Guaratinguetá

2012

K22e	<p>Kawasaka, Rafael Noboru</p> <p>Estudo de melhorias dos painéis de baixa tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP / Rafael Noboru Kawasaka – Guaratinguetá : [s.n], 2012.</p> <p>61 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 61</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Durval Luiz S. Ricciulli</p> <p>1. Equipamento elétrico I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 621.313.002.54</p>
------	--

**ESTUDO DE MELHORIAS DOS PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO DA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ - UNESP**

**RAFAEL NOBORU KAWASAKA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
**“GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

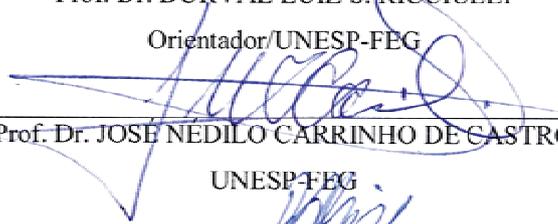
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. ANTONIO WAGNER FORTI  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Dr. DURVAL LUIZ S. RICCIULLI  
Orientador/UNESP-FEG



---

Prof. Dr. JOSE NEDILO CARRINHO DE CASTRO

UNESP-FEG

---

Prof. Dr. RUBENS ALVES DIAS

UNESP-FEG

Dezembro de 2012

## **DADOS CURRICULARES**

### **RAFAEL NOBORU KAWASAKA**

NASCIMENTO	03.07.1987 – GUARATINGUETÁ / SP
FILIAÇÃO	Luiz Noboru Kawasaka Teresa Emiko Gondo Kawasaka
2007/2012	Curso de Graduação Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar o meu agradecimento à minha família que estão sempre presentes em todas as fases de minha vida, sempre me fornecendo a melhor educação e incentivando os meus estudos. Estão presentes em todas as minhas derrotas para me levantar e em minhas vitórias para me enaltecer.

A *Julia Yamashiro Batista dos Santos* pela compreensão, pelo incentivo, pelo suporte durante todos os momentos em que necessitei de apoio, e pela ajuda na realização deste trabalho.

A todos os meus amigos que proporcionaram uma excelente convivência durante esta etapa de universidade, estiveram ao meu lado em todas as épocas difíceis de avaliações e pelos diversos momentos inesquecíveis que levarei eternamente em minha vida.

Ao meu gestor *Ricardo Yokichi Nakamura Costa* pela ajuda durante toda a etapa de desenvolvimento do trabalho de graduação, sanando as dúvidas e me fornecendo o material necessário para a realização do trabalho.

E finalmente, ao orientador *Professor Dr. Durval Luiz S. Ricciulli* por tirar todas as dúvidas que surgiram durante esta etapa, pela paciência e por toda a ajuda que resultou na criação deste trabalho.

"Um grande sacrifício é fácil, os pequenos  
sacrifícios contínuos é que custam."

Johann Wolfgang von Goethe

KAWASAKA, R. N. **Estudo de melhorias dos painéis de baixa tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP**. 2012, 61 f. Tese (Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

## **RESUMO**

Os sistemas de distribuição e de proteção dos equipamentos elétricos são de fundamental importância para a segurança dos produtos, processos e uso final, seja de uma empresa ou de uma residência. Para isso, é necessária a utilização de painéis de baixa tensão para que haja o controle da alimentação fornecida para as cargas, evitando qualquer tipo de anormalidade que possa ocorrer. É preciso ficar atento nas condições dos cubículos, e verificar sempre se elas estão de acordo com as normas vigentes para o produto, evitando também qualquer dano físico que possa ocorrer com o operador e/ou usuário. Neste sentido, o presente trabalho de graduação visa à análise dos painéis elétricos de baixa tensão de um estabelecimento de ensino superior, verificando se os mesmos atendem os regulamentos atuais, sugerindo melhorias e posteriormente simulando a criação de um novo painel que atenda todas as necessidades em substituição do atual, através do software Simaris. Utiliza-se a pesquisa e leitura de normas e regulamentos para a verificação dos problemas, possibilitando registrar as falhas mais graves atuantes. Estas ações são pautadas para a conscientização da universidade sobre o perigo de se utilizar equipamentos elétricos que não possuam um grau mínimo de segurança permitida por lei, e atentar na urgência em se alterar tais erros.

**PALAVRAS CHAVE:** Painéis elétricos de baixa tensão. Eletricidade. Normas e regulamentos. Equipamentos de proteção e distribuição de energia elétrica.

KAWASAKA, R. N. Study for the improvement of the Low Voltage Switchboards in the Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP. 2012, 61 f. Dissertation (Bachelor in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

### **ABSTRACT**

The protection and distribution systems for the electric equipments are really important for the safety of products, process and final users, for an enterprise or even for a residence. For that, it's necessary the utilization of low voltage switchboards for controlling the feeding of a charge, avoiding any kind of abnormality that can eventually occur. It's necessary to pay attention in the cubicles conditions, and always verify if they are in accordance to the norms of the product, verifying also any kind of physical damage for the operator and/or users. In this line, the present graduation work analyses the low voltage switchboards in the college, checking if they are attending the actual standards, suggesting some improvements and later making a simulation of the creation of a new panel that reach all the needing in substitution of this actual, through the software Simaris. Using the research and lecture of norms and regulations for verifying the problems, this way we could register the greatest acting failures. These actions are made for becoming aware to the university about the danger in using electric equipments without a minimum degree of protection, allowed by the law, and attempting to the urgency in changing this fails.

**KEYWORDS:** Switchboards. Standard and regulation. Work safety. Protection of the electrical equipments.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Layout do software Simaris.....	26
Figura 2 – Painel de baixa tensão do bloco da Física.....	29
Figura 3 – Ilustração das partes vivas dentro do painel.....	30
Figura 4 – Painéis de baixa tensão do bloco de Materiais.....	33
Figura 5 – Painel de baixa tensão do bloco de materiais.....	34
Figura 6 – Painel de baixa tensão do Bloco 2.....	35
Figura 7 – Painel de baixa tensão do bloco da mecânica do COTEC.....	36
Figura 8 – Painel de baixa tensão do bloco da Física.....	37
Figura 9 – Painel analisado.....	38
Figura 10 – Esquema de montagem com as cargas do painel.....	39
Figura 11 – Página inicial do software Simaris.....	40
Figura 12 – Dados a serem inseridos no software Simaris.....	41
Figura 13 – Inserção de equipamentos no painel Sivacon S4.....	42
Figura 14 – Valor itemizado e total do painel simulado.....	42
Figura 15 – Representação do esquema mecânico externo do painel Sivacon S4.....	43
Figura 16 – Diagrama unifilar do painel de baixa tensão projetado.....	44
Figura 17 – Detalhes da chapa inferior de saída de cabos do painel de baixa tensão simulado. .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formas típicas de separação interna – ABNT (2003).....	10
Tabela 2 – Formas de separação interna – ABNT (2003). ....	11
Tabela 3 – Primeiro algarismo do grau de proteção IP – Lavill (2010). ....	12
Tabela 4 – Segundo algarismo do grau de proteção IP – Lavill (2010). ....	13
Tabela 5 – Distâncias mínimas de isolamento – ABNT (2003).....	14
Tabela 6 – Distâncias de escoamento para equipamentos sujeitos a esforços de longa duração – ABNT (2003). ....	15
Tabela 7 – Fator nominal de diversidade – Lavill (2010).....	18

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	OBJETIVOS .....	2
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1	DIFERENÇA ENTRE REGULAMENTO E NORMA.....	3
2.1.1	Regulamento Técnico .....	3
2.1.1.1	NR-10.....	3
2.1.2	Norma Técnica.....	4
2.1.2.1.	NBR 5410 .....	4
2.1.2.2.	NBR IEC 60439-1.....	4
2.1.3	Sobreposições entre normas e regulamentos. ....	6
2.2	APLICAÇÕES DOS PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO.....	6
2.3	APLICAÇÕES BÁSICAS DOS CONJUNTOS.....	7
2.3.1	Painéis de Distribuição.....	7
2.3.2	CCM – Centro de Controle de Motores.....	8
2.3.3	Painéis para Acionamentos - <i>Drives</i> .....	8
2.4	PROJETO MECÂNICO .....	9
2.4.1	Separação interna .....	9
2.4.2	Grau de proteção .....	11
2.4.3	Distâncias de isolamento e de escoamento.....	14
2.5	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS.....	15
2.5.1	Tensão nominal de operação.....	16
2.5.2	Tensão nominal de isolamento ( $U_i$ ).....	16
2.5.3	Tensão suportável nominal de impulso ( $U_{imp}$ ).....	16
2.5.4	Corrente nominal ( $I_n$ ).....	16
2.5.5	Corrente suportável nominal de curta duração ( $I_{cw}$ ).....	16

2.5.6	Corrente suportável nominal de crista (Ipk) .....	17
2.5.7	Corrente nominal condicional de curto-circuito (Icc).....	17
2.5.8	Corrente nominal de curto-circuito limitada por fusível (Icf).....	17
2.5.9	Fator nominal de diversidade .....	17
2.5.10	Frequência nominal .....	18
2.6	CONDIÇÕES DE SERVIÇO .....	18
2.6.1	Temperatura ambiente para instalações abrigadas.....	18
2.6.2	Temperatura ambiente para instalações ao tempo .....	18
2.7	CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS .....	19
2.7.1	Condições atmosféricas para instalações abrigadas.....	19
2.7.2	Condições atmosféricas para instalações ao tempo .....	19
2.8	GRAU DE POLUIÇÃO .....	19
2.9	ALTITUDE .....	20
2.10	PROTEÇÃO.....	20
2.10.1	Proteção contra choque elétrico .....	20
2.10.2	Proteção contra contato direto.....	20
2.10.3	Proteção por isolamento de partes energizadas .....	21
2.10.4	Proteção por barreiras ou invólucros .....	21
2.10.5	Proteção contra contato indireto .....	21
2.10.6	Arco elétrico.....	22
2.10.6.1	Causas de um arco elétrico.....	22
2.10.7	Proteção contra curto circuito .....	22
2.11	BARRAMENTOS .....	23
2.12	TEMPERATURA INTERNA.....	23
2.13	ENSAIOS DE CONJUNTOS .....	24
2.13.1	Ensaio de tipo .....	24
2.13.2	Ensaio de rotina .....	25

2.14	SIMARIS .....	25
3	METODOLOGIA .....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1	PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO DA FEG .....	28
4.1.1	Visão geral e equipamentos de proteção .....	28
4.2	ANÁLISE DOS PAINÉIS .....	29
4.2.1	Painel I do bloco da física .....	29
4.2.1.1	Uso de barreiras ou invólucros.....	32
4.2.2	Painel do bloco de Materiais .....	33
4.2.3	Painel do bloco 2.....	35
4.2.4	Painéis do bloco da mecânica do colégio técnico .....	36
4.2.5	Painel II do bloco da Física.....	36
5	SIMULAÇÃO .....	38
6	CONCLUSÃO .....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

## 1 INTRODUÇÃO

O curto-circuito é o principal motivo de acidentes fatais em equipamentos elétricos, sendo este definido pela passagem de uma elevada corrente elétrica em um circuito devido a redução de impedância. Por este fator é necessário um cuidado especial nos produtos de proteção de circuitos elétricos, como os painéis de baixa tensão.

Os painéis devem estar de acordo com as normas e regulamentos vigentes para eliminar as chances de criação de um arco elétrico prejudicial aos equipamentos e a segurança pessoal.

Serão estudadas duas normas técnicas, NBR 5410 e NBR IEC 60439-1, e um regulamento, a NR-10.

De acordo com a NBR 5410, a norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

De acordo com a NBR IEC 60439-1, esta norma visa estabelecer definições e indicar as condições de serviço, os requisitos de construção, as características técnicas e os ensaios para conjuntos de manobra e controle de baixa tensão.

E finalmente de acordo com a NR-10, esta norma regulamentadora estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

O trabalho está estruturado pela presente introdução, uma fundamentação teórica, uma explanação da metodologia utilizada, aborda os resultados e discussão, e ao final, uma simulação de um novo painel.

A fundamentação teórica foi desenvolvida de forma resumida, porém com conteúdo necessário para realização do trabalho. Aborda com enfoque nas normas e regulamentos, e nos conceitos elétricos necessários para o conhecimento de um painel de baixa tensão. Traz ainda, uma breve explicação sobre o software Simaris, explanando suas principais ferramentas e funções.

O tópico de metodologia, como já indica o nome, explica o método utilizado para a obtenção de dados e resultados. São analisados os painéis da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, verificando se atendem aos requisitos mínimos vigentes, são sugeridas algumas melhorias e uma simulação é feita através do software Simaris.

No tópico de resultados e discussões são abordados os resultados obtidos por meio da metodologia utilizada, e então, tais dados são analisados verificando se os produtos estão em

condições mínimas de funcionamento. Posteriormente é sugerida a troca de um dos painéis através da simulação no software e então se apresenta uma discussão sobre as vantagens que esta sugestão pode gerar.

Logo em seguida, na conclusão, em função do que é discutido no tópico de resultados e discussões, cria-se uma opinião sobre o trabalho desenvolvido e concluir a respeito de todos os tópicos analisados.

Por fim, no tópico de referências bibliográficas, se encontra toda a bibliografia consultada para a realização deste trabalho.

## **1.1 OBJETIVOS**

Analisar os painéis de baixa tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá através das normas e regulamentos vigentes para o produto, verificar se os mesmos atendem aos requisitos mínimos, sugerir melhorias e propor a troca para um novo painel através de uma simulação no software Simaris.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Apresenta-se neste capítulo os conceitos necessários para a compreensão dos termos utilizados na realização deste trabalho de graduação, como a definição e diferenciação do conceito entre norma e regulamento, os principais termos elétricos e mecânicos utilizados em um painel elétrico de baixa tensão, suas principais aplicações, as condições mínimas de funcionamento, os ensaios realizados para a aprovação do produto e uma explicação breve do funcionamento do software Simaris.

### **2.1 DIFERENÇA ENTRE REGULAMENTO E NORMA**

Para a compreensão deste trabalho é necessário entender inicialmente os conceitos de regulamentos e normas técnicas, e quais são os aplicáveis em painéis elétricos de baixa tensão, sendo interessante entender conceitualmente as diferenças entre estes dois termos.

#### **2.1.1 Regulamento Técnico**

É uma exigência imposta pelo governo que estabelecem as características de um produto, processo ou serviços, métodos de produção com eles relacionados, inclusive as cláusulas administrativas aplicáveis com as quais a conformidade é obrigatória.

##### **2.1.1.1 NR-10**

A NR-10 é um regulamento técnico vigente para os painéis de baixa tensão. De acordo com esta norma regulamentadora, ficam estabelecidos os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

### **2.1.2 Norma Técnica**

É uma exigência não obrigatória imposta pela sociedade. É um documento aprovado por uma instituição reconhecida, que prevê, para um uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para os produtos ou processos e métodos de produção conexos.

#### **2.1.2.1. NBR 5410**

A NBR 5410 é a norma técnica utilizada para sistemas de baixa tensão no Brasil. De acordo com esta norma, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros). A ABNT NBR 5410 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (CE-03:064.01). O Projeto circulou em Consulta Pública conforme Edital nº 09, de 30.09.2003, com o número Projeto NBR 5410.

#### **2.1.2.2. NBR IEC 60439-1**

A NBR IEC 60439-1 é a norma técnica, de origem europeia, utilizada para conjuntos de manobra e controle de baixa tensão. De acordo com a NBR IEC 60439-1, esta norma aplica-se aos conjuntos de manobra e controle de baixa tensão (conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testado (PTTA)), em que a tensão nominal não exceda 1000 VCA, a frequências que não excedam 1000 Hz, ou 1500 VCC.

Aplica-se aos conjuntos que incorporam equipamentos de controles e/ou de potência, cujas frequências são elevadas. Neste caso, serão aplicados requisitos adicionais apropriados.

Em conjuntos estacionários ou móveis, com ou sem invólucro. (nota - requisitos adicionais para certos tipos específicos de conjuntos são especificados em normas IEC complementares).

Conjuntos destinados para conexão com a geração, a transmissão, a distribuição e a conversão de energia elétrica, para o controle de equipamento que consome energia elétrica.

Também se aplica aos conjuntos projetados para uso sob condições de serviço especiais, como, por exemplo, em navios, em veículos ferroviários, por máquinas-ferramenta, por equipamentos de içamento ou em atmosferas explosivas, e para aplicações domésticas (manobrados por pessoas não habilitadas), contanto que os requisitos específicos pertinentes sejam respeitados.

Não é aplicada a componentes individuais e componentes autossuficientes, por exemplo em dispositivos de partida de motor, disjuntores, interruptores e dispositivos fusíveis, os quais devem atender às suas normas específicas.

O objetivo desta norma é estabelecer as definições e indicar as condições de serviço, os requisitos de construção, as características técnicas e os ensaios para conjuntos de manobra e controle de baixa tensão.”

#### **a) Painéis Totalmente Testados e Aprovados (Conceito TTA)**

Conjunto de manobra e controle de baixa tensão com ensaios de tipo totalmente testados (*Type Tested Assembly*). Conjunto de manobra e controle de baixa tensão em conformidade com um tipo ou sistema estabelecido, sem desvios que influenciem significativamente o desempenho em relação àquele conjunto típico verificado que está em conformidade com esta Norma.

Ensaios:

- Elevação de Temperatura (Ensaio de tipo).
- Propriedades Dielétricas (Ensaio de tipo).
- Corrente Suportável de Curto-circuito (Ensaio de tipo).
- Grau de Proteção (Ensaio de tipo).
- Eficácia do Circuito de Proteção (Ensaio de tipo).
- Distâncias de Escoamento e de Isolação (Ensaio de tipo).
- Funcionamento Mecânico (Ensaio de tipo).

## **b) Painéis Parcialmente Testados e Aprovados (Conceito PTTA)**

Conjunto de manobra e controle de baixa tensão com ensaios de tipo parcialmente testados (*Partially Type Tested Assembly*). Conjunto de manobra e controle de baixa tensão contendo disposições de tipo ensaiado e, disposições de tipo não ensaiado, contanto que o último é derivado (por exemplo, por meio de cálculo) de disposições de tipo ensaiado que satisfizeram os ensaios pertinentes.

### **2.1.3 Sobreposições entre normas e regulamentos.**

Existe uma sobreposição nos conceitos de normas e regulamentos que causa confusão. As normas são inicialmente escritas e definidas pela sociedade, descrevendo uma abordagem preferida e com a adoção geral, ela passa a ser aceita como um regulamento.

Pode ocorrer a exigência de conformidades dos diferentes níveis organizacionais. Ambas as normas e regulamentações se referem às características dos produtos analisados, a diferenciação ocorre na obrigatoriedade da sua aplicação.

Se um produto não cumpre as especificações da regulamentação técnica pertinente, sua venda não será permitida, no entanto, o não cumprimento de uma norma apesar de não inviabilizar a venda, poderá diminuir sua participação no mercado.

## **2.2 APLICAÇÕES DOS PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO**

A norma NBR IEC 60439-1 traz a seguinte definição, conjunto de manobra e comando de baixa tensão: combinação de equipamentos de manobra, controle, medição, sinalização, proteção, regulação, ou algum equipamento em baixa tensão, completamente montados, com todas as interconexões internas elétricas e estrutura mecânica.

Desta forma, com base na definição acima, pode-se encontrar os painéis de baixa tensão (conjuntos) em uma série de aplicações:

- Distribuição para Circuitos de Iluminação e Potência;
- Distribuição em Residências;
- Sistemas de Controle;
- Bancos de Capacitores;
- Centros de Controle de Motores;

- Distribuição;
- Sub-Distribuição;
- Derivação;
- Acionamentos com Inversores de Frequência para processos de variação de velocidade.

Cada aplicação apresenta requisitos técnicos específicos, que variam em função de:

- Vista externa;
- Local de instalação;
- Condições de instalação com respeito à mobilidade;
- Grau de proteção;
- Tipo de invólucro;
- Método de montagem, por exemplo, partes fixas ou removíveis;
- Medidas para a proteção de pessoas;
- Forma de separação interna;
- Tipos de conexões elétricas de unidades funcionais.

## **2.3 APLICAÇÕES BÁSICAS DOS CONJUNTOS**

Os painéis elétricos de baixa tensão são equipamentos que protegem todo o sistema elétrico posterior a eles, dando maior segurança a toda instalação. Mas são diversas as aplicações referentes a estes produtos, portanto serão apresentadas em seguida suas funções mais utilizadas.

### **2.3.1 Painéis de Distribuição**

De acordo com Lavill (2010), são painéis com equipamentos de proteção, seccionamento e manobra de energia elétrica. As aplicações são diversas, elas podem ser painéis pequenos, assim como painéis grandes em formas de cubículos, como é o caso em estudo, utilizado bastante como distribuição ou centro de controle de motores em comércios, condomínios e indústrias.

Em um projeto elétrico encontram-se os painéis de baixa tensão desde o transformador até as suas cargas. No caso em estudo, os painéis estão conectados diretamente ao

transformador e desta será distribuída para as cargas ou alimentará outros painéis para uma sub-distribuição.

O painel ou a coluna que recebe os cabos ou duto de barramentos para alimentação de todo o conjunto é normalmente conhecido como entrada do sistema. Esta coluna geralmente abriga um disjuntor (disjuntor geral), ou uma chave seccionadora com fusíveis (chave geral).

Onde são alocados equipamentos para conexão dos conjuntos de barramentos é conhecida como interligação. Dependendo do circuito de distribuição de energia, os barramentos podem trabalhar permanentemente conectados, serem conectados em situações de emergência e manutenção ou selecionando a fonte alimentadora.

O painel ou a coluna de distribuição é um conjunto cuja energia elétrica é fornecida a um ou mais circuitos de saída. É importante ficar claro que o foco deste trabalho são os painéis de distribuição de grande porte.

### **2.3.2 CCM – Centro de Controle de Motores**

De acordo com Lavill (2010), os CCMs são painéis que acomodam equipamentos para Proteção, Seccionamento e Manobra de Cargas. Tem uma função específica nos sistemas de distribuição de energia elétrica em unidades comerciais e industriais. São os painéis que controlam as partidas e interrupções dos motores para que não ocorra parada completa de uma linha de produção, sendo útil no momento de uma manutenção, na qual será necessário desativar apenas o equipamento a ser reparado.

Apesar de aproximadamente 85 % das cargas industriais serem motores, o termo “cargas” é abrangente, podendo significar qualquer equipamento que consuma energia elétrica. A utilização dos CCM's é destinada a instalações industriais em que apresentam:

- Grande número de cargas que devam ser comandados;
- Deva ser assegurada máxima continuidade de operação;
- Necessário o acesso de pessoal não qualificado;
- Exigido alto nível de segurança para os operadores e pessoas de manutenção.

### **2.3.3 Painéis para Acionamentos - *Drives***

De acordo com Lavill (2010), os conjuntos montados com equipamentos específicos para controle de velocidade de motores, junto com os equipamentos de alimentação, proteção

e controle dos mesmos. Os *drives* trabalham com altas frequências internas, sendo um dos grandes emissores de poluição eletromagnética e um dos grandes geradores de harmônicas nas redes industriais. Outra característica é a de necessitarem de requisitos específicos com relação à dissipação térmica gerada pelo seu funcionamento. As características dos Painéis para *drives* não são especificamente relativas à estrutura, mas sim relativa à correta aplicação dos conceitos de engenharia para esta aplicação.

Os principais cuidados que devem ser tomados ao se instalar um *drive* em um painel são:

- Correta disposição de componentes na placa de montagem, de modo a garantir as dissipações de calor de cada equipamento no interior do painel.
- Correta disposição dos cabos de comando e potência.
- Correta seleção de filtros de entrada e saída.
- Correta especificação das proteções elétricas dos *drives*.
- Correto cálculo da dissipação térmica, de modo a verificar a necessidade de arrefecimento ou ventilação forçada do painel.

## 2.4 PROJETO MECÂNICO

O projeto mecânico de um painel é de importância essencial na elaboração do projeto. Os equipamentos mecânicos precisam ser construídos com materiais que possuem resistência mecânica, elétrica, e térmica solicitada, além de serem resistente à umidade e aos ataques corrosivos. Durante esta etapa é necessário definir três parâmetros: as distâncias de isolamento e escoamento, a separação interna dos componentes e o seu grau de proteção.

### 2.4.1 Separação interna

De acordo com a NBR IEC 60439-1, uma ou mais das condições seguintes podem ser obtidas, dividindo os conjuntos por meio de divisões ou barreiras (metálica ou não metálica) em compartimentos separados ou espaços protegidos fechados:

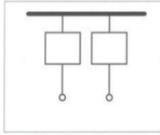
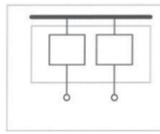
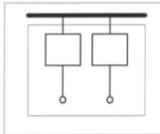
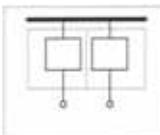
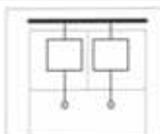
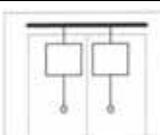
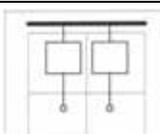
- Proteção contra contato com partes perigosas que pertençam às unidades funcionais adjacentes. O grau de proteção deve ser pelo menos, IPXXB;
- Proteção contra a passagem de corpos estranhos sólidos de uma unidade de um conjunto para uma unidade adjacente. O grau de proteção deve ser pelo menos, IP2X.

As formas típicas de separação por barreiras ou divisões são apresentadas na Tabela 3, onde são apresentadas as descrições de cada forma. Na Tabela 4 são demonstradas as representações ilustrativas de cada forma, sendo o painel representado pelas linhas externas, os quadrados internos os equipamentos, a entrada de energia representada pelas linhas em negrito e as pequenas circunferências as saídas de energia dos equipamentos.

Tabela 1 – Formas típicas de separação interna – ABNT (2003).

<b>Critério principal</b>	<b>Subcritério</b>	<b>Forma</b>
Nenhuma separação.		Forma 1
Separação de barramentos das unidades funcionais.	Terminais para condutores externos não separados do barramento.	Forma 2a
	Terminais para condutores externos, separados do barramento.	Forma 2b
Separação de barramentos das unidades funcionais e separação de todas as unidades funcionais entre si. Separação dos terminais para condutores externos das unidades funcionais, mas não entre elas.	Terminais para condutores externos não separados do barramento.	Forma 3a
	Terminais para condutores externos separados do barramento.	Forma 3b
Separação de barramentos das unidades funcionais e separação de todas as unidades funcionais entre si, inclusive os terminais para condutores externos que são partes integrantes da unidade funcional.	Terminais para condutores externos no mesmo compartimento, bem como a unidade funcional associada.	Forma 4a
	Terminais para condutores externos não no mesmo compartimento que a unidade funcional associada, mas em espaços protegidos ou compartimentos individuais, separados e fechados.	Forma 4b

Tabela 2 – Formas de separação interna – ABNT (2003).

FORMA	DESCRIÇÃO		SIMBOLOGIA
1	Sem separação interna		
2a	Separação dos barramentos das unidades funcionais	Terminais não separados dos barramentos	
2b		Terminais separados dos barramentos	
3a	Separação dos barramentos das unidades funcionais + Separação de unidades funcionais uma das outras + Separação de terminais das unidades funcionais	Terminais não separados dos barramentos	
3b		Terminais separados dos barramentos	
4a	Separação dos barramentos das unidades funcionais + Separação de unidades funcionais uma das outras + Separação de terminais das unidades funcionais	Terminais no mesmo compartimento que a unidade funcional associada	
4b		Terminais que não estão no mesmo compartimento que a unidade funcional associada	

### 2.4.2 Grau de proteção

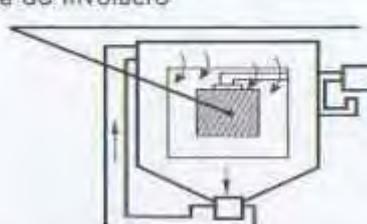
De acordo com a NBR IEC 60439-1, os graus de proteção proporcionados pelos painéis elétricos têm como objetivo:

- Proteção de pessoas contra contato com partes sob tensão e contra contato com partes em movimento dentro do invólucro,
- Proteção do painel contra a penetração de corpos sólidos estranhos,
- Proteção do painel contra os efeitos prejudiciais da penetração de líquidos.

A designação utilizada para indicar o grau de proteção é formada pelas letras IP, seguidas de dois algarismos característicos que significam a conformidade com as condições

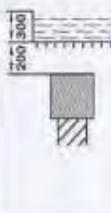
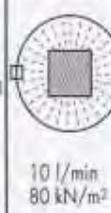
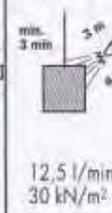
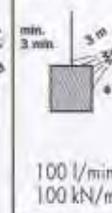
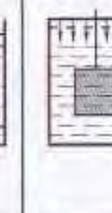
de proteção exigida pelo projeto do painel. O primeiro algarismo característico indica o grau de proteção proporcionado pelo invólucro às pessoas e também às partes do interior dos painéis contra objetos sólidos (0 a 6 ou X, quando omitido). A Tabela 5 explica o significado do primeiro número do IP.

Tabela 3 – Primeiro algarismo do grau de proteção IP – Lavill (2010).

Não protegido	<b>0</b>
Protegido contra objetos sólidos com $\varnothing$ maior que 50 mm	<b>1</b>
Protegido contra objetos sólidos com $\varnothing$ maior que 12 mm	<b>2</b>
Protegido contra objetos sólidos com $\varnothing$ maior que 2,5 mm	<b>3</b>
Protegido contra objetos sólidos com $\varnothing$ maior que 1 mm	<b>4</b>
Protegido contra a poeira Depressão: 200 mm de coluna d'água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro	<b>5</b>
	
Totalmente protegido contra a poeira Mesmo procedimento de teste	<b>6</b>

O segundo algarismo característico indica o grau de proteção proporcionado pelo invólucro contra efeitos prejudiciais da penetração de líquidos (0 a 8 ou X, quando omitido) mostrados através da Tabela 6.

Tabela 4 – Segundo algarismo do grau de proteção IP – Lavill (2010).

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15 graus	Protegido contra água aspergida de um ângulo de $\pm 69$ graus	Protegido contra projeções d'água	Protegido contra jatos d'água	Protegido contra jatos d'água potentes	Protegido contra imersão	Protegido contra submersão
	Tempo de teste 10 min 	Tempo de teste 10 min 	Tempo de teste 10 min máx. 200  10 l/min 80 kN/m <sup>2</sup>	Tempo de teste 10 min  10 l/min 80 kN/m <sup>2</sup>	Tempo de teste 1 min/m mín. 3 min  12,5 l/min 30 kN/m <sup>2</sup>	Tempo de teste 1 min/m mín. 3 min  100 l/min 100 kN/m <sup>2</sup>	Tempo de teste 30 min  mín. 0,15 m máx. 2 m	Tempo de teste 30 min  mín. 2 m

Poderão ser utilizadas identificações auxiliares, com adição de duas letras, uma adicional e outra suplementar, após os dois algarismos acima descritos.

1º Letra adicional opcional (A, B, C, D): Indica uma classificação de meios para a proteção de pessoas contra acesso a partes perigosas:

- A – Costas e mão;
- B – Dedo;
- C – Ferramenta;
- D – Fio.

2º Letra suplementar opcional (H, M, S, W): Indica uma classificação de meios para proteção de equipamentos apresentando informações suplementares para especificar o produto.

- H – Aparelhagem de Alta tensão;
- M – Teste com água em movimento;
- S – Teste com água parada;
- W – Condição do tempo.

Segunda a norma NBR IEC 60439-1, o grau de proteção de um conjunto fechado deve ser pelo menos IP2X, depois de instalado conforme as instruções do fabricante. Para conjuntos de uso ao tempo, que não têm nenhuma proteção suplementar, o segundo número característico deve ser pelo menos 3. Se o grau de proteção de uma parte do conjunto, por

exemplo, na face de serviço, difere daquele da parte principal, o fabricante deve indicar o grau de proteção daquela parte, separadamente.

### 2.4.3 Distâncias de isolamento e de escoamento

De acordo com a NBR IEC 60439-1, dispositivos que formam parte do conjunto devem ter distâncias que cumprem aos requisitos de suas especificações pertinentes e essas distâncias devem ser mantidas durante as condições normais de serviço. Quando são dispostos os dispositivos dentro do conjunto, as distâncias de isolamento, mostradas na Tabela 1, e de escoamento, ou as tensões suportáveis de impulso especificadas devem ser observadas, levando em conta as condições de serviço pertinentes.

Para condutores energizados sem proteção e terminais de conexão (por exemplo, barramentos, conexões entre dispositivos, terminal de cabo), as distâncias de isolamento e de escoamento, no caso para equipamentos sujeitos a esforços de longa duração se ilustra na Tabela 2, ou as tensões suportáveis de impulso devem cumprir, pelo menos, com aquelas especificadas para o dispositivo com que eles estão diretamente associados.

Além disso, condições anormais, como um curto-circuito, não devem reduzir, de maneira permanente, a distância de isolamento ou a rigidez dielétrica entre o barramento e/ou outras conexões, como também cabos abaixo dos valores especificados para o dispositivo com que eles estão diretamente associados.

Tabela 5 – Distâncias mínimas de isolamento – ABNT (2003).

Tensão suportável nominal de impulso - Uimp (kV)	Distâncias mínimas de isolamento (mm)							
	Caso A - Campo não homogêneo				Caso B - Campo homogêneo, condições ideais			
	Grau de poluição				Grau de poluição			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0,33	0,01	0,2	0,8	1,6	0,01	0,2	0,8	1,6
0,5	0,04				0,04			
0,8	0,1				0,1			
1,5	0,5	0,5			0,3	0,3		
2,5	1,5	1,5	1,5		0,6	0,6		
4	3	3	3	3	1,2	1,2	1,2	
6	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2	2
8	8	8	8	8	3	3	3	3
12	14	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5

Tabela 6 – Distâncias de escoamento para equipamentos sujeitos a esforços de longa duração – ABNT (2003).

Tensão nominal de isolamento de equipamento ou tensão de operação CA r.m.s. ou CC (V)	Distâncias de escoamento para equipamentos sujeitos a esforços de longa duração (mm)													
	Grau de poluição			Grau de poluição				Grau de poluição				Grau de poluição		
	1	2	1	2				3				4		
	Grupo de material			Grupo de material				Grupo de material				Grupo de material		
				I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4	1	1	1	1,6	1,6	1,6		
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05	1,6	1,6	1,6		
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45	1.1	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6		
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	1.2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6		
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5	1.25	1,25	1,25	1,7	1,7	1,7		
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1.3	1,3	1,3	1,8	1,8	1,8		
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1	1.4	1,6	1,8	1,9	2,4	3		
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2	1.5	1,7	1,9	2	2,5	3,2		
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25	1.6	1,8	2	2,1	2,6	3,4		
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3	1.7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6		
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4	1.8	2	2,2	2,4	3	3,8		
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1.9	2,1	2,4	2,5	3,2	4		
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6	2	2,2	2,5	3,2	4	5		
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2	2.5	2,8	3,2	4	5	6,3		
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5	3.2	3,6	4	5	6,3	8		
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	6,3	8	10		
400	1	2	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3	8	10	12,5		
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5	6.3	7,1	8	10	12,5	16		
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	12,5	16	20		
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	16	20	25		
1000	3,2	5	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	20	25	32		
1250			4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	25	32	40		
1600			5,6	8	11	16	20	22	25	32	40	50		
2000			7,5	10	14	20	25	28	32	40	50	63		
2500			10	12,5	18	25	32	36	40	50	63	80		
3200			12,5	16	22	32	40	45	50	63	80	100		
4000			16	20	28	40	50	56	63	80	100	125		
5000			20	25	36	50	63	71	80	100	125	160		
6300			25	32	45	63	80	90	100	125	160	200		
8000			32	40	56	80	100	110	125	160	200	250		
10000			40	50	71	100	125	140	160	200	250	320		

## 2.5 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

De acordo com a NBR IEC 60439-1, um conjunto é definido pelas seguintes características elétricas.

### **2.5.1 Tensão nominal de operação**

É o valor de tensão que, combinada com a corrente nominal deste circuito, determina sua utilização. Para circuitos polifásicos, é a tensão entre fases.

### **2.5.2 Tensão nominal de isolamento ( $U_i$ )**

É o valor da tensão para o qual as tensões de ensaio dielétricas e distâncias de escoamento são referidas. A tensão nominal de operação máxima de qualquer circuito do conjunto não deve exceder sua tensão nominal de isolamento.

### **2.5.3 Tensão suportável nominal de impulso ( $U_{imp}$ )**

O valor de pico de uma tensão de impulso, de forma e polaridade definidas em norma, que o circuito de um conjunto é capaz de suportar, sem falha, sob condições especificadas de ensaio e para as quais se referem os valores das distâncias de isolamento.

### **2.5.4 Corrente nominal ( $I_n$ )**

A corrente nominal de um circuito de um conjunto é fixada pelo fabricante, levando em consideração a potência nominal dos componentes do equipamento elétrico dentro do conjunto, a sua disposição e a sua aplicação. Esta corrente deve ser conduzida sem que o conjunto e seus componentes apresentem elevação de temperatura acima daquelas definidas pela norma.

### **2.5.5 Corrente suportável nominal de curta duração ( $I_{cw}$ )**

A corrente suportável nominal de curta duração é o valor eficaz ou rms de uma corrente de curta duração designada para um circuito, pelo fabricante, que aquele circuito pode conduzir, sem dano, sob as condições de ensaio especificadas. Salvo indicação em contrário pelo fabricante, o tempo é 1 s.

### **2.5.6 Corrente suportável nominal de crista ( $I_{pk}$ )**

A corrente suportável nominal de crista de um circuito de um conjunto é o valor da corrente de pico designado para um circuito, que pode suportar satisfatoriamente sob as condições de ensaio especificadas.

### **2.5.7 Corrente nominal condicional de curto-circuito ( $I_{cc}$ )**

A corrente nominal condicional de curto-circuito de um circuito de um conjunto é o valor da corrente de curto-circuito presumida, que aquele circuito, protegido por um dispositivo de proteção contra curto-circuito especificado pelo fabricante, pode suportar satisfatoriamente durante o tempo de funcionamento do dispositivo sob as condições de ensaio.

### **2.5.8 Corrente nominal de curto-circuito limitada por fusível ( $I_{cf}$ )**

A corrente nominal de curto-circuito limitada por fusível de um circuito de um conjunto é a corrente nominal de curto-circuito condicional quando um dispositivo de proteção contra curto-circuito é um dispositivo fusível.

### **2.5.9 Fator nominal de diversidade**

O fator nominal de diversidade de um conjunto ou parte de um conjunto que tem vários circuitos principais (por exemplo, uma seção ou subseção) é a relação entre a soma máxima, em qualquer momento, das correntes de operação de todos os circuitos principais envolvidos e a soma das correntes nominais de todos os circuitos principais do conjunto ou da parte selecionada do conjunto.

Na ausência de informação sobre as correntes de operação reais, os valores convencionais mostrados na Tabela 7 podem ser utilizados.

Tabela 7 – Fator nominal de diversidade – Lavill (2010).

Número de circuitos principais	Fator nominal de diversidade
2 e 3	0,9
4 e 5	0,8
6 a 9 inclusive	0,7
10 (e acima)	0,6

### 2.5.10 Frequência nominal

A frequência nominal de um conjunto é o valor da frequência que a designa e para a qual as condições de funcionamento se referem. A menos que seja especificado, é assumido que os limites são 98% e 102% da frequência nominal.

## 2.6 CONDIÇÕES DE SERVIÇO

Algumas condições mínimas para serviço em instalações abrigadas ou em instalações ao tempo dos painéis de baixa tensão são necessárias.

### 2.6.1 Temperatura ambiente para instalações abrigadas

A temperatura ambiente não excede + 40°C e a sua média, em um período de 24 h, não excede + 35°C. O limite inferior da temperatura ambiente é - 5°C.

### 2.6.2 Temperatura ambiente para instalações ao tempo

A temperatura ambiente não excede + 40°C e a sua média, em um período de 24 h, não excede + 35°C. O limite inferior da temperatura ambiente é:

- 25°C em um clima temperado,
- 50°C em um clima ártico.

## **2.7 CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS**

Para um funcionamento mais eficiente dos painéis elétricos algumas condições atmosféricas mínimas para instalações abrigadas e ao tempo são requeridas.

### **2.7.1 Condições atmosféricas para instalações abrigadas**

O ar é limpo e sua umidade relativa não excede 50% a uma temperatura de máxima de + 40°C. Podem ser permitidas umidades relativas mais altas a temperaturas mais baixas, por exemplo, 90% a + 20°C. Convém que seja tomado cuidado com a condensação moderada, que pode acontecer ocasionalmente devido a variações de temperatura.

### **2.7.2 Condições atmosféricas para instalações ao tempo**

A umidade relativa pode estar temporariamente, a 100% a uma temperatura máxima de + 25°C.

## **2.8 GRAU DE POLUIÇÃO**

De acordo com a NBR IEC 60439-1, o grau de poluição se refere às condições ambientais para as quais o conjunto é previsto. Para dispositivos de manobra e componentes internos de um invólucro, é aplicável o grau de poluição das condições ambientais internas do invólucro. Para a avaliação das distâncias de isolamento e de escoamento, os quatro graus de poluição seguintes no microambiente são estabelecidos.

- Grau de poluição 1: Não ocorre poluição ou somente uma poluição seca não condutora.
- Grau de poluição 2: Ocorre, normalmente, apenas poluição não condutora. Porém, ocasionalmente, pode ser esperada uma condutividade temporária causada por condensação.
- Grau de poluição 3: Ocorre poluição condutora ou poluição seca não condutora que se torna condutora devido à condensação.

- Grau de poluição 4: A poluição provoca uma condutividade persistente causada, por exemplo, por pó condutivo ou pela chuva ou neve.

## **2.9 ALTITUDE**

A altitude do local de instalação não excede 2 000 m (6 600 pés).

## **2.10 PROTEÇÃO**

Algumas condições de proteção dos equipamentos de um painel elétrico de baixa tensão são essenciais para prevenir acidentes de trabalho ao operador. São condições definidas pelas normas e regulamentos que minimizam ao máximo as chances de uma possível falha.

### **2.10.1 Proteção contra choque elétrico**

De acordo com a NBR IEC 60439-1, os requisitos seguintes são destinados para assegurar que as medidas de proteção exigidas são obtidas quando um conjunto é instalado em um sistema, em conformidade com a especificação pertinente. As medidas de proteção geralmente aceitas se referem à IEC 60364-4-41. Aquelas medidas de proteção que são de importância particular para um painel são reproduzidas, em detalhes, levando em conta as necessidades específicas do sistema.

### **2.10.2 Proteção contra contato direto**

Proteção contra contato direto pode ser obtida por meio de medidas de construção adequada no próprio conjunto ou por meio de medidas adicionais a serem tomadas durante a instalação; isso pode requerer informações fornecidas pelo fabricante.

Uma ou mais medidas de proteção definidas abaixo podem ser selecionadas, levando em conta os requisitos especificados nas subseções seguintes. A escolha da medida de proteção deve ser objeto de acordo entre o fabricante e o usuário.

### **2.10.3 Proteção por isolamento de partes energizadas**

Partes energizadas devem ser completamente cobertas com um material isolante, que só pode ser removido através de sua destruição. Esta isolação deve ser feita de material apropriado, capaz de resistir, de forma durável, aos esforços mecânicos, elétricos e térmicos que a isolação pode ser submetida em serviço.

### **2.10.4 Proteção por barreiras ou invólucros**

Os requisitos seguintes devem ser cumpridos.

- Toda superfície externa deve apresentar um grau de proteção contra contato direto, de pelo menos IP2X ou IPXXB. A distância entre os meios mecânicos providos para proteção e as partes energizadas que eles protegem não deve ser menor que os valores especificados para as distâncias de escoamento e de isolação, a menos que os meios mecânicos sejam de material isolante.

- Todas as barreiras e invólucros devem ser firmemente presos no lugar. Levando em conta a sua natureza, tamanho e arranjo, eles devem ter estabilidade e durabilidade suficientes para resistir às solicitações e aos esforços prováveis de acontecerem em serviço normal, sem reduzir as distâncias de isolação.

- Onde for necessário realizar a remoção de barreiras, abertura de invólucros ou retirada de partes de invólucros (portas, armações, tampas, fechamentos e semelhantes), isto deve estar conforme alguns requisitos.

### **2.10.5 Proteção contra contato indireto**

O usuário deve indicar a medida de proteção que é aplicada para a instalação em que o conjunto será utilizado. Em particular, é chamada atenção à IEC 60364-4-41, onde são especificados os requisitos para proteção contra contato indireto para a instalação completa, por exemplo, o uso de condutores de proteção.

### **2.10.6 Arco elétrico**

É resultante de uma ruptura dielétrica de um gás a qual produz uma descarga de plasma, similar a uma fagulha instantânea, resultante de um fluxo de corrente em meio normalmente isolante tal como o ar. O arco ocorre em um espaço preenchido de gás entre dois eletrodos condutivos e isto resulta em uma temperatura muito alta, capaz de fundir ou vaporizar virtualmente qualquer coisa.

Fases do Arco Elétrico:

- Fase de compressão;
- Fase de expansão;
- Fase de expulsão;
- Fase térmica: até o desligamento.

#### **2.10.6.1 Causas de um arco elétrico**

Entre os diversos fatores que podem causar um arco voltaico acidentalmente, pode-se destacar os seguintes, onde são apresentadas entre colchetes as possíveis causas destes tipos de acidentes no painel de baixa tensão.

- a) Erro humano [Proteções contra toques acidentais];
- b) Presença de pequenos animais nos barramentos [Grau de proteção];
- c) Sujeira [Grau de proteção e Grau de Poluição];
- d) Envelhecimento da isolação e desgaste mecânico [Torque nas conexões];
- e) Sobretensão e Baixa isolação [Propriedade dielétrica];
- f) Superaquecimento [Elevação de temperatura];
- g) Umidade [Condições do Ambiente e Grau de poluição];
- h) Objetos estranhos esquecidos no cubículo.

#### **2.10.7 Proteção contra curto circuito**

Os conjuntos devem ser construídos de maneira a resistir aos esforços térmicos e dinâmicos, resultantes de correntes de curto-circuito até os valores nominais. Eles devem ser protegidos contra correntes de curto-circuito por meio de, por exemplo, disjuntores, fusíveis

ou combinação de ambos, que podem ser incorporados no conjunto ou podem ser dispostos fora dele.

Quando encomendar um painel, o usuário deve especificar as condições de curto-circuito no ponto da instalação. Para PTTA, é recomendado usar arranjos com ensaios de tipo, por exemplo, barramento. Em casos excepcionais, onde o uso de arranjos com ensaios de tipo não são possíveis, a corrente de curto-circuito suportável de tais partes deve ser verificada por meio de extrapolação de arranjos de ensaios semelhantes.

## **2.11 BARRAMENTOS**

O projeto dos barramentos é de responsabilidade do fabricante ou do projetista do painel. Não é apenas a corrente suportável que é analisada neste instante, outro fator importante são os esforços mecânicos que este conjunto será submetido, instalação dos condutores e das isolações.

Não pode haver alterações nas conexões, mesmo que ocorra aumento de temperaturas, envelhecimento de materiais isolantes e devido às vibrações. As conexões devem ser feitas com o torque necessário para assegurar uma pressão de contato suficiente e durável.

## **2.12 TEMPERATURA INTERNA**

A verificação da temperatura interna dos cubículos é de importância essencial, pois temperaturas elevadas alteram o comportamento dos equipamentos instalados e modificam as características elétricas do sistema.

No caso dos painéis estudados, não será necessário um estudo muito complexo em relação à temperatura interna do sistema, pois foi verificado que os painéis do estabelecimento de ensino são simplesmente de distribuição, e os equipamentos para este tipo de sistema não gera muito calor. Diferentemente em casos de CCMs e painéis com inversores de frequência, nos quais o calor é muito elevado e às vezes é necessária a instalação de exaustores por cabine.

Foram verificados que o calor gerado é expelido do sistema através da convecção do ar, através de venezianas instaladas nas portas, onde o fluxo de ar retira o calor. A instalação dos painéis em casinhas elétricas também ajuda na diminuição da temperatura, pois elas não ficam expostas ao tempo. Outro item que coopera com a retirada de calor são as portas que

ficam abertas e os furos sem vedação, apesar de não atenderem as normas vigentes, estes ajudam na convecção do ar para fora do painel.

Atentar sempre na temperatura, pois se os dispositivos são montados muito próximos em um compartimento muito pequeno, a capacidade insuficiente de dissipação de calor pode levar a um aumento de temperatura além do limite de trabalho dos dispositivos, causando a prematura falha dos mesmos, sem falar no risco de incêndio.

## **2.13 ENSAIOS DE CONJUNTOS**

Os ensaios para verificação das características de um conjunto incluem:

- Ensaios de tipo.
- Ensaios de rotina.

### **2.13.1 Ensaios de tipo**

Os ensaios de tipo são destinados para verificar a conformidade com os requisitos colocados na norma NBR IEC 60439-1, para um determinado tipo de conjunto. Ensaios de tipo serão realizados em uma amostra definida do conjunto ou em partes do conjunto fabricadas com base no próprio projeto ou de um projeto semelhante. Eles devem ser realizados sob a iniciativa do fabricante.

Ensaios de tipo incluem o seguinte:

- a) verificação dos limites de elevação da temperatura;
- b) verificação das propriedades dielétricas;
- c) verificação da corrente suportável de curto-circuito;
- d) verificação da eficácia do circuito de proteção;
- e) verificação das distâncias de escoamento e de isolamento;
- f) verificação do funcionamento mecânico;
- g) verificação do grau de proteção.

Estes ensaios podem ser realizados em qualquer ordem e/ou em amostras diferentes do mesmo tipo. Se forem feitas modificações em componentes do conjunto, novos ensaios de tipo têm que ser realizados, na parte em que tais modificações possam alterar os resultados destes ensaios.

### 2.13.2 Ensaios de rotina

Os ensaios de rotina são destinados para detectar falhas em materiais e na fabricação. Eles são realizados em todo conjunto, depois que for finalizada a montagem, ou em cada unidade do conjunto. Não é requerido outro ensaio de rotina no local de instalação.

Conjuntos que são montados a partir de componentes padronizados, fora da fábrica do produtor destes componentes, pelo uso exclusivo de partes e acessórios especificados ou fornecidos pelo produtor para este propósito, devem ser realizados ensaio de rotina pela empresa que montou o conjunto. Ensaios de rotina (podem ser realizados em qualquer ordem) incluem o seguinte:

- a) Inspeção do conjunto, inclusive inspeção da instalação elétrica e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico;
- b) Um ensaio dielétrico;
- c) Verificação das medidas de proteção e da continuidade elétrica do circuito de proteção.

### 2.14 SIMARIS

Com o software SIMARIS CONFIGURATION, é oferecido um pacote completo para configurar quadros de distribuição de energia até 4000A. Estes produtos destinam-se aos setores industrial e comercial. Este software possibilita a configuração dos quadros de distribuição SIVACON, classe de isolamento I, de uma forma rápida, simples e eficaz. O processo de seleção de todos os componentes é bastante simples. Todos os componentes selecionados são compilados, incluindo todos os acessórios necessários à correta configuração dos quadros elétricos que são colocados automaticamente, de forma a possibilitar a exportação para vários formatos.

SIMARIS ajusta novos padrões nos âmbitos de softwares para projetos elétricos enquanto economiza muito trabalho para o cálculo de dimensões e de distribuição da corrente elétrica dos dispositivos e dos painéis. SIMARIS é o software de cálculo elétrico em todas as fases de planejamento elétrico. A Figura 1 representa o layout do software, onde as três telas mostram respectivamente o diagrama unifilar de um projeto, o esquema mecânico dos painéis e os gráficos de funcionamento dos equipamentos de cada coluna.



Figura 1 – Layout do software Simaris.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia consiste em realizar visitas técnicas supervisionadas por um técnico nos painéis de baixa tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG – UNESP) para avaliar a situação dos mesmos, e verificar se eles atendem as normas regulamentadoras destes produtos, sendo elas a NR-10, NBR 5410 e a NBR IEC 60439-1.

Após esta análise são apontados os pontos que não estão de acordo, explicando o motivo de cada falha através dos artigos das normas. Sugerindo, posteriormente, algumas melhorias a serem aplicadas.

Em seguida, é escolhido um dos painéis analisados para uma simulação, por meio do software Simaris. O novo painel projetado atenderá todas as normas vigentes, além de maior eficiência e segurança, melhores características mecânicas, a um custo coerente ao que o produto oferece.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após a etapa de conhecimento das normas e regulamentos, definição de painéis e seus componentes, são realizados levantamentos em campo nos painéis de baixa tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá com o acompanhamento de um técnico. As análises e sugestões de melhorias são descritas a seguir, juntamente com a simulação de um novo painel.

### **4.1 PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO DA FEG**

Os painéis de baixa tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá apresentam características semelhantes, como são apresentados a seguir. Existem várias situações que colocam o painel em risco, porque estão fora das especificações técnicas e estas são analisadas e verificadas para a sua futura eliminação, já que estas são situações críticas para a ocorrências de graves falhas.

#### **4.1.1 Visão geral e equipamentos de proteção**

Para se seguir as normas de segurança, durante toda a etapa de visita aos painéis, são utilizados equipamentos de segurança.

De acordo com a NR-10, nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individuais específicos e adequados às atividades desenvolvidas.

Os EPI (Equipamentos de Proteção Individual) são conforme Norma Regulamentadora nº 6, todos dispositivos de uso individual utilizado pelo empregado, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

Os equipamentos utilizados durante o levantamento em campo foram: proteção auricular, óculos de proteção, botas e capacete de segurança.

Após este cuidado em relação à segurança, podem-se iniciar as visitas aos painéis. São analisadas cinco cabines diferentes dentro da universidade. Sendo que todas possuem a mesma característica da Figura 2, os painéis se encontram dentro de um local fechado, sem contato com o tempo. Portanto, alguns graus de proteção não precisam ser impostos nos

painéis, como por exemplo, os painéis não precisam ser isolados à penetração de gotas de água.



Figura 2 – Painel de baixa tensão do bloco da Física.

## 4.2 ANÁLISE DOS PAINÉIS

São analisados no presente trabalho cinco painéis diferentes dentro da universidade, sendo eles situados no bloco da física, bloco de materiais, bloco 2 e no bloco da mecânica do Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá.

### 4.2.1 Painel I do bloco da física

Praticamente todos os painéis de baixa tensão da faculdade apresentam o problema da Figura 3. Os barramentos não possuem isolamento e qualquer pessoa que abra a porta consegue contato direto em qualquer parte viva dos equipamentos.

De todos os painéis visitados na faculdade, nenhum está em conformidade com a norma NR-10, pois elas não possuem grau de proteção mínimo IP20 (protegido contra objetos sólidos com diâmetro mínimo de 12 mm) com a porta aberta, e não há proteção contra

contatos acidentais, visto que todos os barramentos não estão isolados. Eles não atendem à ABNT NBR IEC 60439-1, já que os painéis não possuem certificação TTA ou PTTA, e em alguns casos não possuem proteção contra os efeitos de arco elétrico.

Não há nenhuma forma de segregação interna nos painéis, nenhum tipo de separação nas entradas, saídas, equipamentos. E também não atende os requisitos de aterramento temporário de acordo com a NR-10, somente são consideradas desenergizada as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a sequência abaixo:

- a) Seccionamento;
- b) Impedimento de reenergização;
- c) Constatação da ausência de tensão;
- d) Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- e) Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada;
- f) Instalação da sinalização de impedimento de reenergização.



Figura 3 – Ilustração das partes vivas dentro do painel.

De acordo com o anexo B da NBR 5410, Meios de proteção básica (contra choques elétricos), existem dois tipos de isolamento:

Isolação (básica) das partes vivas

- A isolação (básica) das partes vivas, como meio de proteção básica, destina-se a impedir qualquer contato com partes vivas.

## NOTAS

A isolação básica, que não aquela expressamente destinada a impedir o contato com partes vivas, pode ser também uma providência indispensável à consecução das condições de segurança no quadro de determinadas medidas de proteção contra choques elétricos. É o caso da exigência de isolação básica entre circuito separado e a terra, prevista na separação elétrica individual e nos sistemas SELV e PELV.

- As partes vivas devem ser completamente recobertas por uma isolação que só possa ser removida através de sua destruição. Distinguem-se, nesse particular, os componentes montados em fábrica e os componentes ou partes cuja isolação deve ser provida, completada ou restaurada quando da execução da instalação elétrica:

- a) Para os componentes montados em fábrica, a isolação deve atender às prescrições relativas a esses componentes;

- b) Para os demais componentes, a isolação deve ser capaz de suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas às quais possa ser submetida. As tintas, vernizes, lacas e produtos análogos não são considerados, geralmente, como provendo uma isolação suficiente para garantir proteção básica.

## NOTAS

1. Embora o teor desta prescrição possa induzir a ideia de uma isolação, em especial aquela aplicada durante a instalação, na forma de resinas e outros materiais de isolação sólida, incluindo fitas de enfaixamento, o sentido de “isolação” deve ser encarado sempre de modo abrangente. Há várias formas de se prover isolação (básica) a uma parte viva, mesmo porque uma isolação pode ser sólida, líquida, a gás (por exemplo, o ar) ou qualquer combinação. Uma dessas formas é envolver a parte viva com um invólucro. Assim, é natural que os dois meios de proteção, isolação (básica) das partes vivas e uso de barreiras ou invólucros muitas vezes se confundam.

2. Quando a isolação for provida durante a execução da instalação, essa isolação deve ser verificada através de ensaios análogos aos destinados a verificar a qualidade da isolação de componentes similares industrializados.

#### **4.2.1.1 Uso de barreiras ou invólucros**

- O uso de barreiras ou invólucros, como meio de proteção básica, destina-se a impedir qualquer contato com partes vivas.

- As partes vivas devem ser confinadas no interior de invólucros ou atrás de barreiras que garantam grau de proteção no mínimo IPXXB ou IP2X. Admite-se que aberturas maiores possam ocorrer, durante a substituição de partes (como na troca de lâmpadas ou fusíveis), ou serem necessárias ao funcionamento adequado de um equipamento ou componente, conforme as especificações a ele aplicáveis, se forem adotadas as seguintes providências:

- a) Devem ser tomadas precauções para impedir que pessoas ou animais toquem acidentalmente as partes vivas;

- b) Deve-se garantir, na medida do possível, que as pessoas sejam advertidas de que as partes acessíveis através da abertura são vivas e não devem ser tocadas intencionalmente;

- c) A abertura deve ser a mínima compatível com a necessidade de substituição da parte consumível ou de funcionamento adequado do componente ou equipamento.

- Quando o invólucro ou barreira compreender superfícies superiores, horizontais, que sejam diretamente acessíveis, elas devem garantir grau de proteção no mínimo IPXXD ou IP4X.

- As barreiras e invólucros devem ser fixados firmemente e apresentar robustez e durabilidade suficientes para preservar os graus de proteção exigidos e a separação adequada das partes vivas, nas condições de serviço normal previstas, levando-se em conta as condições de influências externas pertinentes.

- Quando for necessário remover as barreiras, abrir os invólucros ou remover partes dos invólucros, tal ação só deve ser possível:

- a) Com a ajuda de chave ou ferramenta;

- b) Somente na presença de profissional qualificado e autorizado;

c) Após desenergização das partes vivas protegidas pelas barreiras ou invólucros em questão, exigindo-se ainda que a tensão só possa ser restabelecida após recolocação das barreiras ou invólucros;

d) Se houver ou for interposta uma segunda barreira, entre a barreira ou parte a ser removida e a parte viva, exigindo-se ainda que essa segunda barreira apresente grau de proteção no mínimo IPXXB ou IP2X, impeça qualquer contato com as partes vivas e só possa ser removida com o uso de chave ou ferramenta.

#### 4.2.2 Painel do bloco de Materiais

O próximo painel a ser analisado se encontra no bloco de Materiais ilustrado pela Figura 4. Analisando a imagem da esquerda na Figura 4, é uma estrutura que apresenta boas características de proteção, sendo os seus barramentos isolados e com barreiras para impedir o contato direto com as partes vivas. Mas o gravíssimo problema se encontrou na parte inferior do painel, ilustrado pela imagem da direita da Figura 4, onde uma infestação de cupins havia tomado conta do local. No período da visita, os insetos já tinham sido retirados, mas não houve o cuidado de se retirar todo o dano feito.



Figura 4 – Painéis de baixa tensão do bloco de Materiais.

De acordo com a NR-10, nos trabalhos e nas atividades referidas devem ser adotadas medidas preventivas destinadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto à altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

Se o painel estivesse atendendo às normas vigentes, seria necessário um grau de segurança que impedisse a entrada de partículas sólidas para dentro do painel, o que garantiria a não formação do ninho de cupim. E os cupins dentro do cubículo poderiam se alimentar dos cabos, retirando a isolamento e criando uma elevada chance de um curto entre as fases.

Prosseguindo a análise para o mesmo conjunto de painéis, mas agora nas gavetas, pode-se verificar que o mesmo se encontra com as portas abertas, conforme a Figura 5, além de apresentar furos na porta que não possuem vedação, aumentando o risco de entrada de animais que gerem um curto entre fases. Há também o perigo de pessoas não qualificadas entrarem no local, e abrirem as portas sem que o painel esteja desenergizado.



Figura 5 – Painel de baixa tensão do bloco de materiais.

Para o caso acima também há o perigo de, na ocorrência de um curto circuito, as portas se abrirem devido à explosão e atravessar as partes abertas do painel, sendo um risco grave para uma pessoa que esteja perto do local e sem os equipamentos de segurança. Desta forma é alta a possibilidade de ocorrência de danos fatais.

#### 4.2.3 Painel do bloco 2

O próximo bloco visitado foi o bloco 2. Neste painel, ilustrado na imagem da esquerda da Figura 6, os barramentos são isolados de acordo com a norma vigente mesmo que a sua aparência não agrade muito, devido os barramentos serem instalados sem alinhamento. Mas o grave problema está nos equipamentos de medição instalados nas portas. Como é possível visualizar através da imagem da direita da Figura 6, os equipamentos estão instalados, mas não estão conectados a nenhum outro dispositivo. Portanto, não há leitura de nada. Sendo isto prejudicial para verificações futuras de funcionamento sem a necessidade de equipamentos adicionais e a desnecessidade de abertura das portas para medições. O que garante um menor grau de proteção em medições e manutenções.

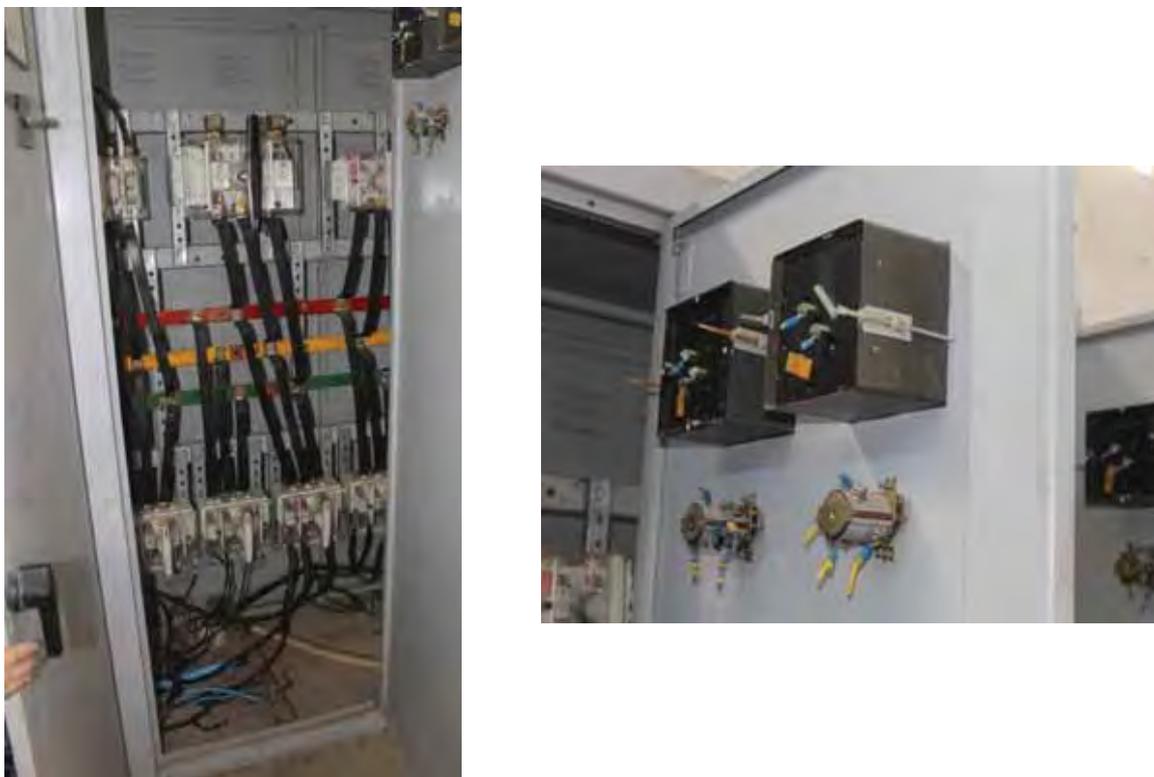


Figura 6 – Painel de baixa tensão do Bloco 2.

#### 4.2.4 Painéis do bloco da mecânica do colégio técnico

Analisando agora os painéis menores de distribuição, analisamos o bloco da mecânica do colégio técnico, onde estão os tornos, através da visualização da Figura 7. O mesmo problema de isolamento se encontra nestes painéis, os barramentos são expostos para qualquer pessoa que abrir as portas do painel consiga encostar-se às fases, gerando um curto. Outro risco para o sistema é a utilização de fusíveis, foto da esquerda da Figura 7, que não atendem mais as normas vigentes, agora é necessário utilizar disjuntores em circuitos de iluminação e tomadas, como mostra a figura da direita da Figura 7.



Figura 7 – Painel de baixa tensão do bloco da mecânica do COTEC.

#### 4.2.5 Painel II do bloco da Física

O último painel analisado é um exemplo de um painel de baixa tensão a ser seguido, porque apresentam as condições mais próximas do ideal. É um equipamento de instalações novas situados no bloco da física. É possível visualizar, conforme mostrado na Figura 8, o uso de disjuntores, barramentos isolados e equipamentos de acrílico para a isolamento contra toques acidentais nas fiações. Atendendo as atuais normas e garantindo máxima segurança ao operador.



Figura 8 – Painel de baixa tensão do bloco da Física.

## 5 SIMULAÇÃO

Nesta simulação realiza-se um comparativo com o painel de baixa tensão do bloco de materiais, em relação ao produzido no estágio. A foto da esquerda da Figura 9 ilustra a vista externa da estrutura do painel, e a imagem da direita da Figura 9 mostra as condições internas dos equipamentos e as suas conexões.

Este painel foi selecionado por ser o único que possui um esquema de montagem como mostrado em anexo na Figura 10. Este será comparado, através de uma simulação realizada por meio do software Simaris, com o painel de baixa tensão Sivacon S4 da empresa Siemens, que atendem comprovadamente a todas as normas regulamentadoras do produto.



Figura 9 – Painel analisado.

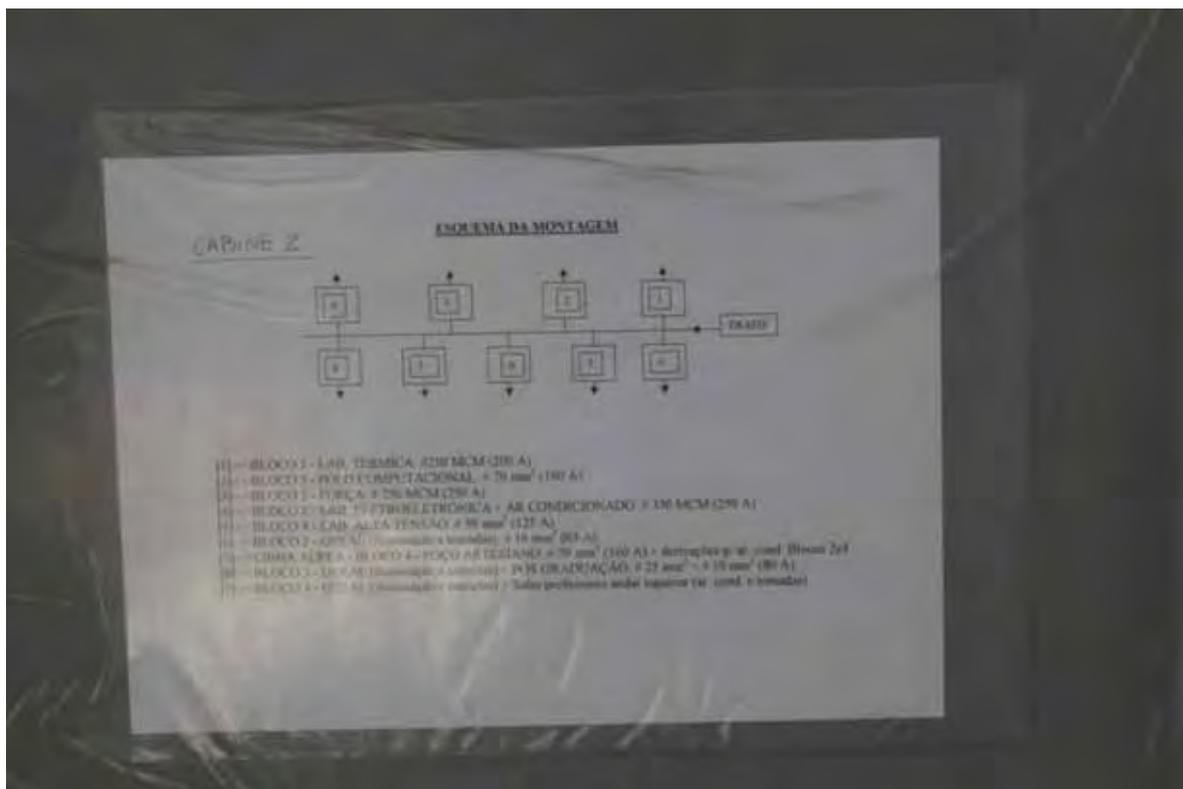


Figura 10 – Esquema de montagem com as cargas do painel.

Com as cargas em mãos e com as análises realizadas nota-se que este painel atua apenas para a distribuição de carga, onde a tensão é recebida de um transformador externo e é distribuído diretamente para as cargas, apenas com a proteção de fusíveis com chave seccionadora. É possível notar através das Figuras 9 que o painel possui péssimas condições de funcionamento e que não há nenhum tipo de proteção para o operador, além de suas seções de entrada, dos equipamentos e de saída de energia não possuírem separação interna entre elas.

O painel Sivacon S4 é projetado como comparativo, é um painel com disjuntor de entrada de 1600A conectada através de cabos que entram pela parte inferior do painel. A saída do disjuntor é feita por barramentos horizontais que se conectam com barramentos verticais na direita do painel. Estes barramentos verticais distribuem a tensão para as cargas, cuja proteção é realizada por meio de disjuntores de 250A.

As etapas de projeto no software Simaris são mostradas a seguir.

A tela inicial, figura, mostra o início do projeto. Neste momento é necessário inserir um painel ao projeto, quando esta etapa é realizada é necessário informar as condições básicas de todo o painel. Na tela inicial, mostrada na Figura 11, pode-se verificar na parte superior os seguintes itens:

- 1- Criar projeto;
- 2- Editar plantas;
- 3- Cálculo das plantas;
- 4- Documentos do projeto.

No lado esquerdo da Figura 11, é possível selecionar os painéis de baixa tensão Sivacon S4 e outro para capacidades menores, Alpha NF. Ao centro situam-se as estruturas do projeto, e à direita as descrições e características do produto.

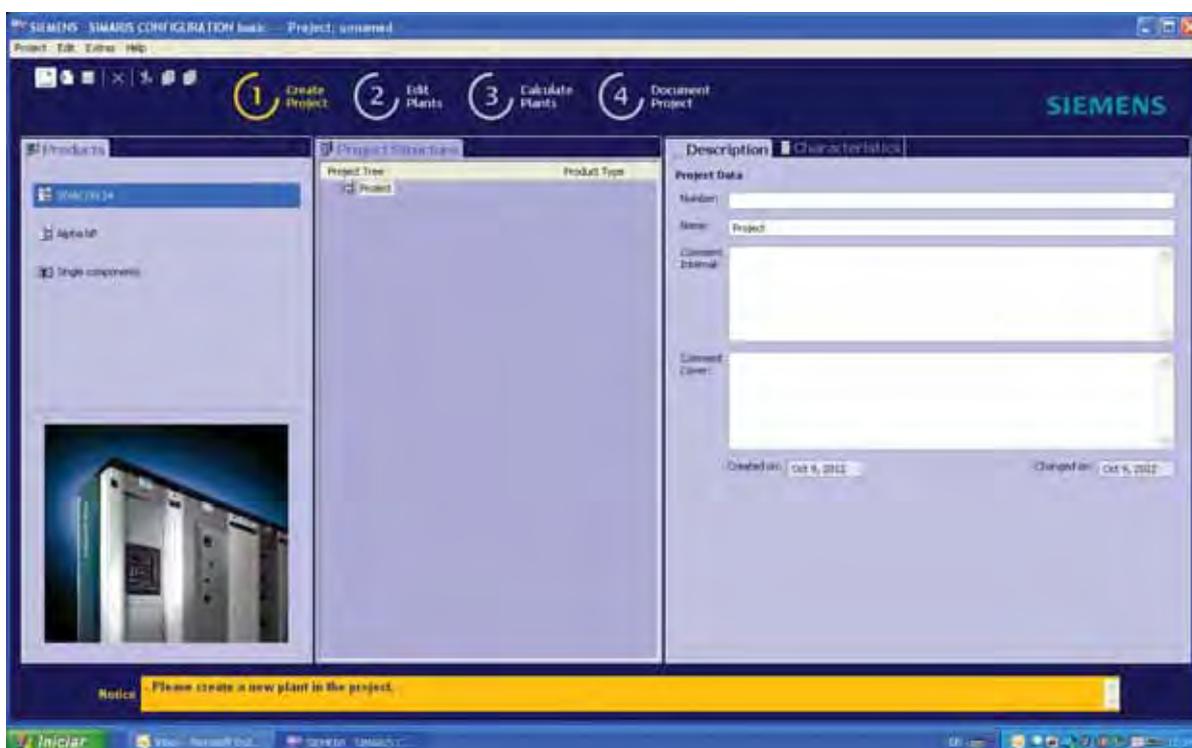


Figura 11 – Página inicial do software Simeris.

Na Figura 12 estão todos os dados que são necessários ser preenchidos no momento inicial da inserção do painel. O tamanho total do painel será 800 x 800 x 2100, com uma separação interna 2b e o grau de proteção IP41.

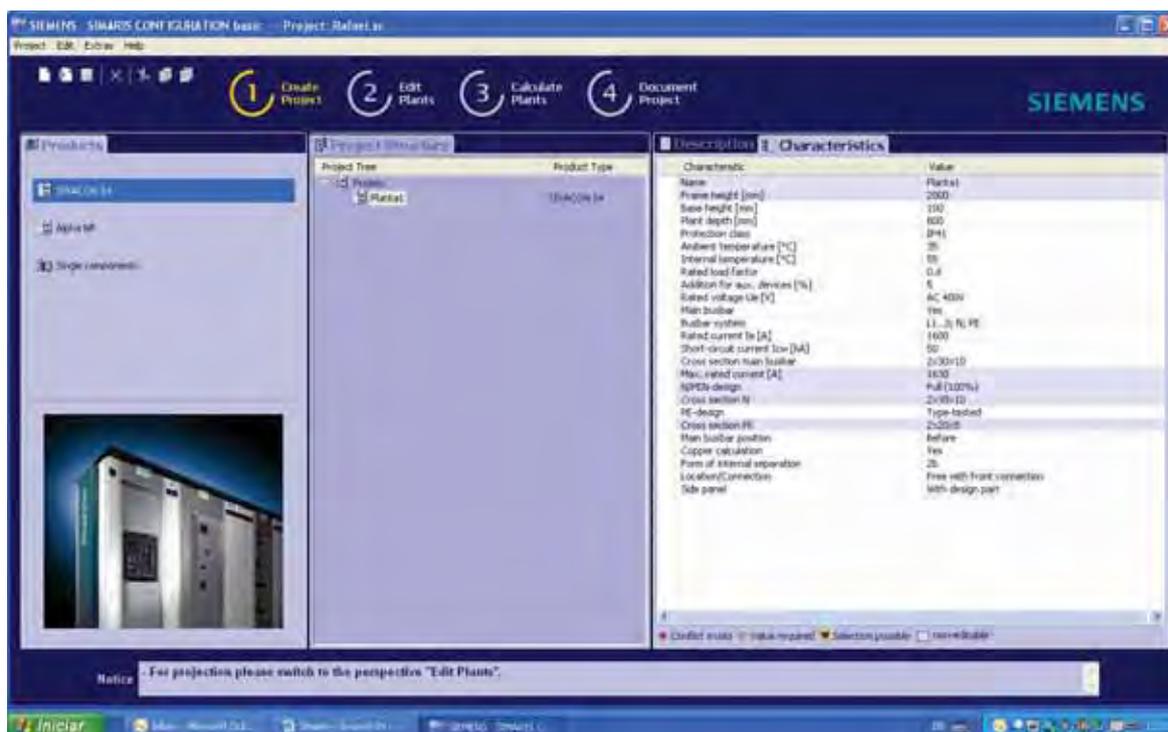


Figura 12 – Dados a serem inseridos no software Simaris.

Depois desta etapa é necessário alterar de 1 (Criação do projeto) para 2 (Edição das plantas), mostrado na Figura 13. Neste momento, são inseridas todas as características requeridas pelo projeto. Adicionando o tipo de cubículo com o seu tamanho. Um disjuntor de entrada para proteção dos sistemas de 1600A, logo abaixo o barramento horizontal e em seguida os 9 disjuntores de 250A para as cargas do projeto. Ao lado direito está o compartimento para passagem de barramentos. Atentar-se na entrada dos cabos, pois este será projetado para entrar por baixo do painel. E a saída dos disjuntores passa por trás do cubículo e é distribuído também através do solo.

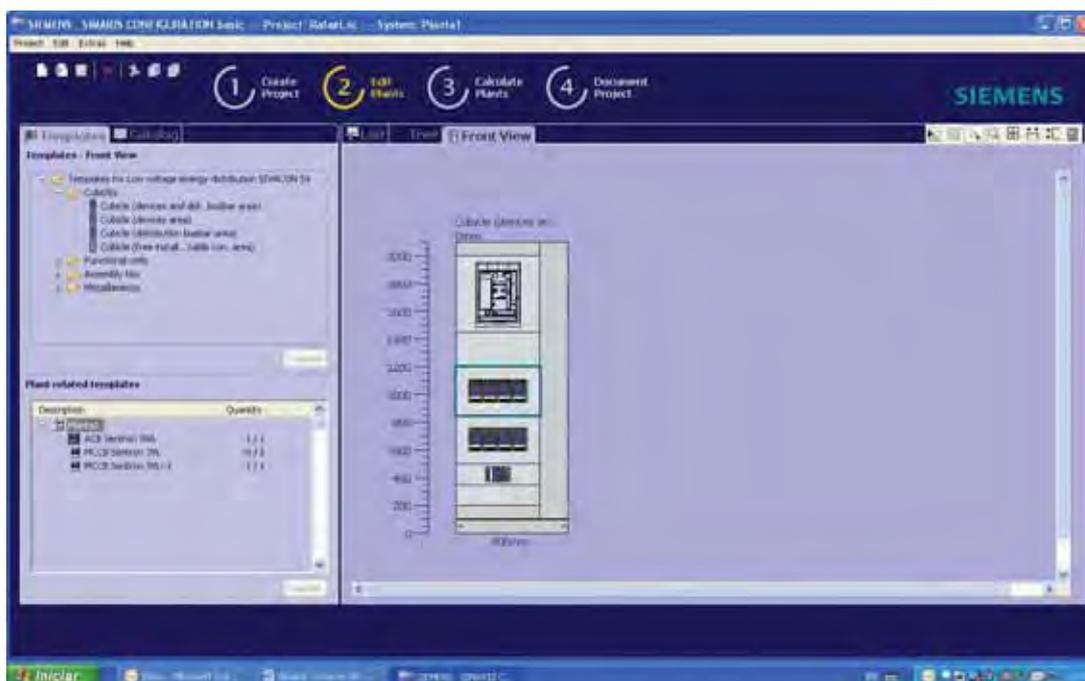


Figura 13 – Inserção de equipamentos no painel Sivacon S4.

Finalizado a etapa de processo no software é possível visualizar na etapa 3 os custos de projeto, como mostrado na Figura 14. Nesta seção estão todos os valores de cada material utilizado no projeto, como disjuntores, chaparia, barramentos, cabos, e todos os outros equipamentos inseridos. Sendo o custo total de R\$ 6418,59 para este painel.

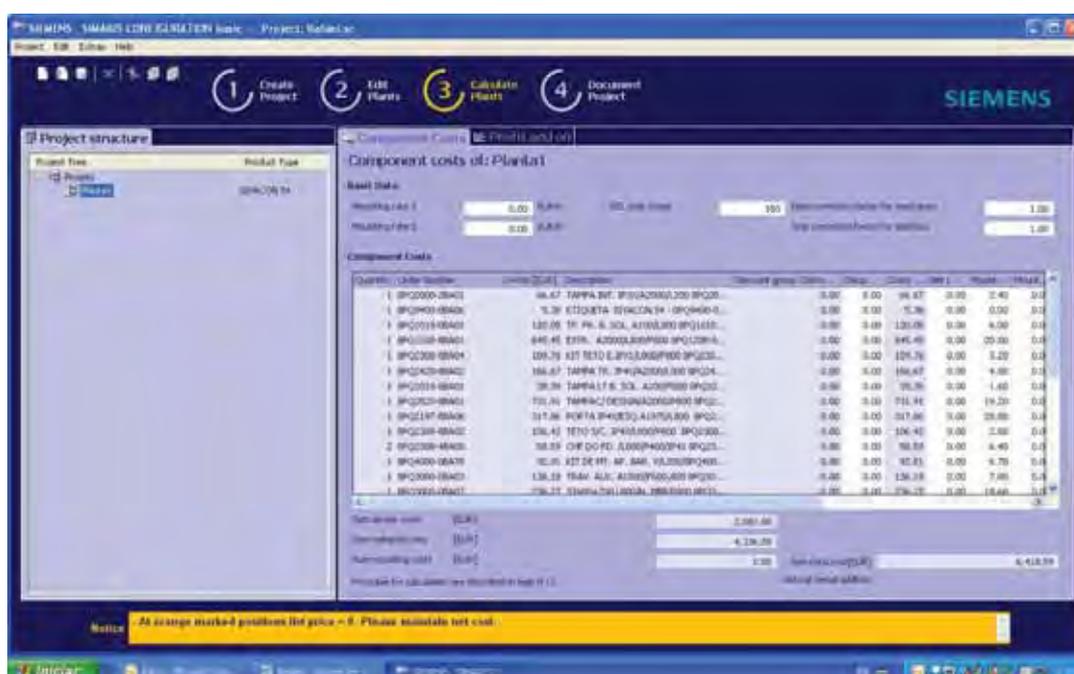


Figura 14 – Valor itemizado e total do painel simulado.



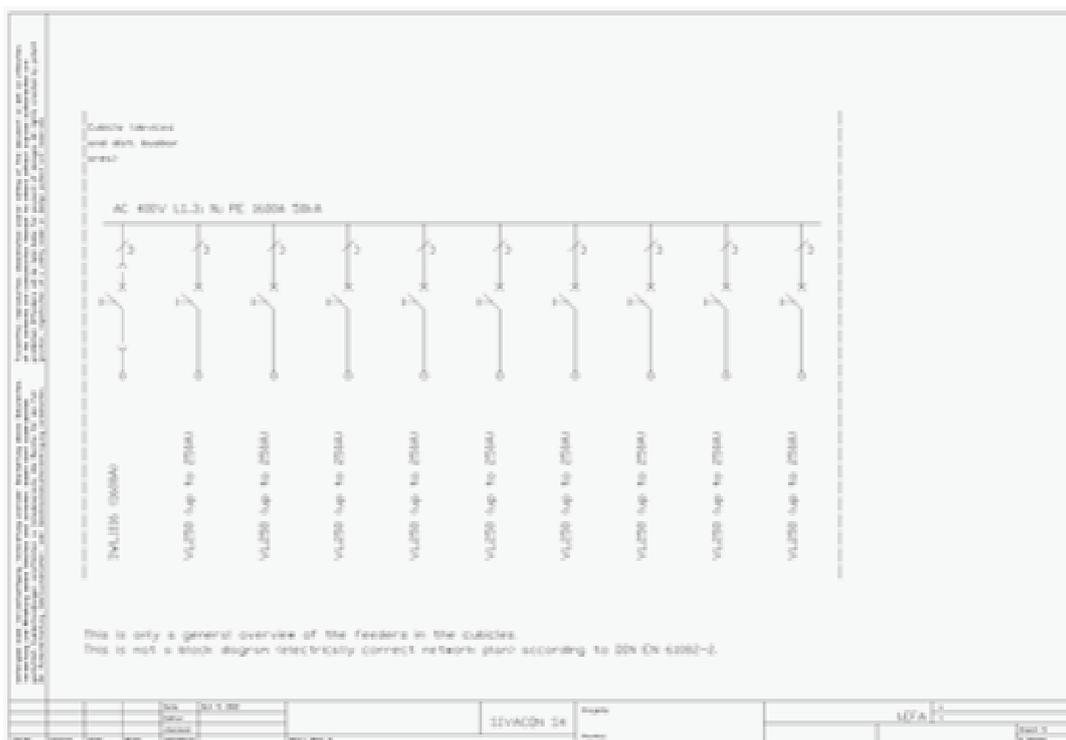


Figura 16 – Diagrama unifilar do painel de baixa tensão projetado.

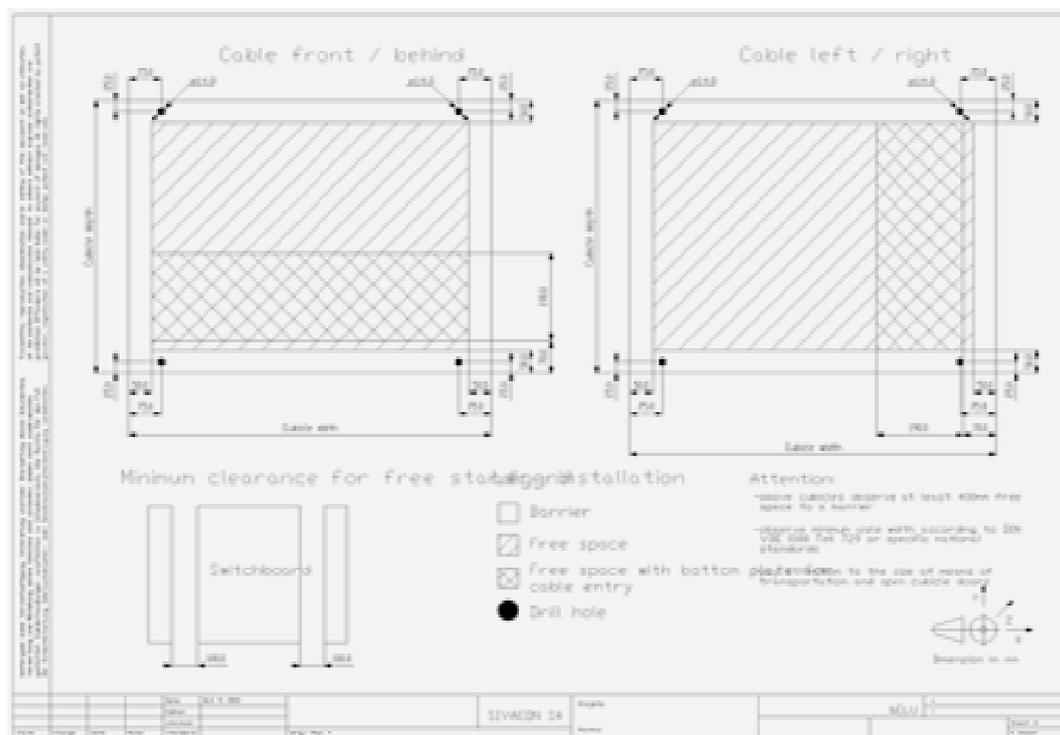


Figura 17 – Detalhes da chapa inferior de saída de cabos do painel de baixa tensão simulado.

Comparando os dois painéis é possível verificar as grandes vantagens que um painel bem dimensionado pode fornecer para uma instalação. Analisando inicialmente as normas, o

painel instalado atualmente não atende as normas requeridas de acordo com a lei como mostrado anteriormente, portanto, ela não pode estar sendo utilizado. De acordo com a alteração das normas do produto, o equipamento deveria estar se adaptando a estas responsabilidades. O novo painel projetado atende todas as normas de acordo com a ABNT e NR 10.

Visando a segurança do operador, o novo painel possui separações internas e grau de segurança IP 41, todas as partes vivas são isoladas para que não haja contato acidental e que não cause acidentes que podem ser muitas vezes fatais. O painel atual possui barramentos mal instalados, sem isolação e equipamentos que não estão sequer conectados, como no caso dos medidores.

Verificando a parte mecânica do produto, verifica-se que a dimensão será reduzida. Apesar de que, para o caso do estabelecimento de ensino, não é necessário um painel com dimensões pequenas, já que há uma cabine em alvenaria para a instalação dos equipamentos elétricos. Mas sempre é interessante ter equipamentos reduzidos, além de a aparência ser mais elegante. As portas possuem vedações que impedem qualquer entrada de objetos estranhos para dentro do compartimento.

Há exaustores para a ventilação e posterior liberação do calor interno gerado, já que há um limite máximo para o pleno funcionamento dos equipamentos do painel.

O painel novo é construído apenas com disjuntores, que facilitam o manuseio e possuem um melhor nível de proteção das cargas. As conexões são feitas de forma adequada, com os cabos com dimensões mínimas de acordo com a sua capacidade de transmissão de corrente.

## 6 CONCLUSÃO

Após análise dos painéis de baixa tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG – UNESP) verifica-se que os mesmos se encontram totalmente fora das normas vigentes para o produto.

A maioria não apresenta as condições mínimas de segurança para os equipamentos e operadores da manutenção. Os equipamentos são antigos e fora das especificações, que supostamente deveriam servir como proteção, coloca em risco todos os materiais posteriores a eles. Um técnico que esteja realizando qualquer atividade no painel corre alto risco de acidente, já que os equipamentos não apresentam isolação e há diversos fatores que podem causar um arco elétrico.

A simulação de um novo painel tem o objetivo de demonstrar as vantagens que um equipamento atendendo as normas traz a uma instalação. Apesar do custo gerado, não há como argumentar contra a garantia de segurança ao operador, ao sistema e aos equipamentos.

É evidente que qualquer alteração nas instalações já existentes gera custos elevados. Acredita-se que este seja um ponto que passa despercebido por todos já que, de certo modo, os painéis atuais fornecem energia normalmente aos circuitos. Mas este trabalho de graduação tem como objetivo o de alertar aos responsáveis do campus de Guaratinguetá que os painéis de baixa tensão da faculdade não apresentam condições mínimas de operação, de acordo com o regulamento técnico NR-10, e as normas técnicas NBR 5410 e NBR IEC 60439-1, vigentes para o produto.

Através deste, conclui-se que os produtos possuem instalações muito antigas que geram muitas situações de risco. Fica claro que há necessidade de um rápido redimensionamento e troca dos painéis de baixa tensão da universidade (FEG-UNESP) para minimizar as chances de um acidente. O painel simulado mostra as condições mínimas de um painel requerido para a instalação do campus, sendo que, caso exista um real interesse de troca dos produtos, fica sugerido a realização de orçamentos em outras empresas, para fator de comparação de custo e qualidade.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão: NBR IEC 60439-1. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações elétricas de baixa tensão: NBR 5410. Rio de Janeiro, 2008.

LAVILL. Apostila de painéis elétricos e CCM's de baixa tensão: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão. São Paulo: Lavill, 2010. Disponível em: <<http://www.lavill.com.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Segurança em instalações e serviços em eletricidade: NR-10. Rio de Janeiro, 2004.

SCHNEIDER. Apostila programa de transformação técnica continuada: Os efeitos dos curtos circuitos. São Paulo: Schneider Electric, 2009. Disponível em: <<http://www.schneider-electric.com.br/sites/brasil/pt/suporte/suporte.page>>. Acesso em: 25 jun. 2012.