

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**FILLIPE MATA DE ARAUJO GOMES**

**ANÁLISE DA CONFORMIDADE DE PAINÉIS ELÉTRICOS COM A NR-10: UM  
ESTUDO DE CASO REALIZADO EM UMA SUBESTAÇÃO INDUSTRIAL**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2013**

**FILLIPE MATA DE ARAUJO GOMES**

**ANÁLISE DA CONFORMIDADE DE PAINÉIS ELÉTRICOS COM A NR-10: UM ESTUDO DE CASO REALIZADO EM UMA SUBESTAÇÃO INDUSTRIAL**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara

CURITIBA  
2013

FILLIPE MATA DE ARAUJO GOMES

ANÁLISE DA CONFORMIDADE DE PAINÉIS ELÉTRICOS COM A NR-10:  
UM ESTUDO DE CASO REALIZADO EM UMA SUBESTAÇÃO INDUSTRIAL

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus  
Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus  
Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara (Orientador)  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus  
Curitiba.

Curitiba  
2013

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

A Deus, a fonte de inspiração e sabedoria, que me permitiu concluir este trabalho.

À Gediane, minha esposa e companheira.

À memória de Ester, minha filha.

Aos meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Senhor Jesus, por me dar a vida, saúde e por me dar forças para seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis que passei. Por mostrar ser a solução quando parecia estar perdido. Por dar esperança nos maiores momentos de dor e perda que já passei e por dar sentido ao meu viver.

Agradeço também a minha esposa, Gediane, por cada gesto, cada prova de amor que me deu e por me apoiar em meio às dificuldades e situações inesperadas que surgiram durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, por tudo que já investiram na minha vida, propiciando as minhas conquistas pessoais e profissionais. Também, por todo sacrifício e amor incondicional.

Agradeço, também, a todos meus familiares que, de perto ou longe me apoiaram e torceram pelo meu sucesso.

À equipe técnica da empresa estudo de caso, por fornecer dados relevantes para o desenvolvimento deste trabalho, agregando à minha formação um conhecimento importantíssimo.

A todos meus amigos, e todas as pessoas, que de forma direta ou indireta, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

O tema em estudo no presente trabalho surgiu de uma preocupação contemporânea: a conformidade de instalações e equipamentos elétricos e com a NR-10 e sua correlação com a segurança do trabalho envolvendo serviços em eletricidade. Desde a entrada em vigor da nova NR-10, em 2004, muito se tem discutido acerca desse tema, dada a preocupação com o número de acidentes ainda elevado, muitos deles envolvendo painéis de média e baixa tensão. O objetivo deste trabalho é fomentar esta discussão, visto que para muitas empresas, o foco da segurança está nos procedimentos e medidas de proteção adotados. Passam, por muitos, os erros de concepção de projeto, que tendem a se propagar até o início da operação do equipamento elétrico, ocasionando falhas que podem provocar acidentes. Além apresentar um panorama geral das principais normas que orientam serviços em eletricidade de baixa tensão, percebeu-se a importância de abranger a questão das certificações com outras normas correlacionadas, devido ao fato de muitos fabricantes, bem como empresas contratantes, abrirem mão dessas certificações, em função do critério de economicidade, por se alegar um alto custo para se atender os requisitos de norma para certificação. O cerne deste trabalho é um estudo de caso da ocorrência de um acidente com um painel industrial de baixa tensão. Foi abordada a aplicabilidade de ferramentas de gestão para investigação desse acidente e identificação de desvios no projeto. Os resultados obtidos foram: a identificação das não-conformidades existentes no projeto, bem como das falhas na gestão do mesmo, que ocasionaram o acidente; e as ações corretivas sugeridas no próprio trabalho, concluindo-se sobre a importância de serem seguidas as normas técnicas e de segurança aplicáveis a esses equipamentos.

**Palavras-chave:** Painéis elétricos, Riscos elétricos, NR-10, Baixa Tensão

## ABSTRACT

The topic under study in this paper came from a contemporary concern: the conformity of electrical equipment and installations and the NR-10 and its correlation with job security services involving electricity. Since the entry into force of the new NR-10, in 2004, much has been discussed about this issue, given concerns about the still high number of accidents, many involving panels of medium and low voltage. The objective of this work is to foster this discussion, since for many companies, the focus is on safety procedures and protective measures adopted. They go by many errors project design, which tend to propagate until the beginning of the operation of electrical equipment, causing failures that can cause accidents. Besides presenting an overview of the main standards that guide services in low-voltage electricity, realized the importance of covering the issue of certification to other standards correlated, due to the fact many manufacturers and contractors, forgo these certifications, according to the criteria of economy, it is alleged by a high cost to meet the standard requirements for certification. The core of this work is a case study of the occurrence of an accident with an industrial panel low voltage. Addressed the applicability of management tools for the investigation of this accident and identifying deviations in the project. The results were: the identification of nonconformities existing design, as well as failures in risk management that caused the accident, and suggested corrective actions in the work itself, concluding on the importance of technical standards are followed and safety requirements applicable to such equipment.

**Key-words:** Electrical panels, electrical hazards, NR-10, Low Voltage

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Elementos do Sistema Elétrico de Potência .....	16
FIGURA 2: Diagrama de blocos de um circuito terminal de motor elétrico. ....	18
FIGURA 3: Exemplos de EPCs para Subestações .....	20
FIGURA 4: EPIs específicos para eletricidade .....	21
FIGURA 5: Progressão do número de acidentados com arco elétrico até 2010. ....	25
FIGURA 6: Etapas da Metodologia de Pesquisa.....	31
FIGURA 7: Árvore dos porquês com as hipóteses levantadas.....	33
FIGURA 8: Estado das gavetas após o sinistro. ....	36
FIGURA 9: Estado dos componentes da gaveta após o sinistro.....	37
FIGURA 10: Vista frontal do projeto do painel.....	39
FIGURA 11: Gráfico do percentual de conformidade do projeto .....	42
FIGURA 12: Árvore dos Porquês parcial.....	43
FIGURA 13: Diagrama final da Árvore dos Porquês do Estudo de Caso.....	44

## LISTA DE ABRAVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CCM	Centro de Controle de Motores
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IEC	International Electrotechnical Commission
MD	Memorial Descritivo
MTb	Ministério do Trabalho
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
PIT	Plano de Inspeção e Testes
SEP	Sistema Elétrico de Potência

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 CONCEITOS BÁSICOS .....	15
2.2 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA .....	15
2.3 SUBESTAÇÕES .....	16
2.4 PAINÉIS ELÉTRICOS DO TIPO CCM .....	17
2.4 REGULAMENTAÇÃO DE SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE .....	18
2.4.1 NR-10: Objetivo e aplicação.....	18
2.4.2 Riscos Elétricos.....	19
2.4.3 Medidas de Controle .....	20
2.4.4 Requisitos de Segurança em Projetos .....	21
2.4.5 Requisitos de Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção .....	22
2.4.6 Normas técnicas aplicáveis: ABNT .....	23
2.5 ACIDENTES ENVOLVENDO PAINÉIS ELÉTRICOS EM ÁREAS INDUSTRIAIS. .....	24
2.6 ESTADO DA ARTE .....	25
2.7 USO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES	28
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
3.1 ETAPA DE IDENTIFICAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	32
3.2 ETAPA DE CONSTRUÇÃO DO PLANO.....	33
3.3 ETAPA DE EXECUÇÃO DO PLANO .....	34
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>35</b>
4.1 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....	35
4.2 ANÁLISE DA CONFORMIDADE DO PAINEL.....	37
4.2.1 Levantamento dos documentos técnicos para aquisição do painel.....	37
4.2.2 Aplicação da lista de verificação de conformidade do projeto do painel .....	40
4.2.3 Teste das hipóteses usando a Árvore dos Porquês.....	41

<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
5.1 DAS NÃO-CONFORMIDADES .....	42
5.2 DOS RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO E DAS AÇÕES CORRETIVAS .....	43
5.3 DO EMPREGO DAS FERRAMENTAS DE TRABALHO .....	45
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE A – Lista de verificação de conformidades do projeto .....</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE B – não-conformidades encontradas no projeto do painel.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO A – Catálogo do Painel Siplux .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO B – Relatório de inspeção de equipamento .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na elaboração de projetos de instalações elétricas, busca-se adotar as melhores soluções técnicas, com o objetivo de garantir a operabilidade e a segurança dos equipamentos e das pessoas que trabalham em suas proximidades. Por outro lado, pela má interpretação das normas, pode haver a adoção de critérios técnicos equivocados, quando da elaboração do projeto básico, acarretando maior valor agregado ao produto, i.e. os equipamentos elétricos que compõem a instalação, sem incremento no tocante à segurança dos mesmos.

Desde a descoberta da eletricidade como é modernamente conhecida e início de seu uso como energia motriz para processos industriais, os trabalhos com eletricidade passam por uma constante evolução, agregando procedimentos e dispositivos mais seguros.

No âmbito do Brasil, o marco inicial da energia elétrica deu-se em 1879, há 134 anos, com a primeira instalação de iluminação elétrica, na estação central da ferrovia Dom Pedro II (Central do Brasil), na cidade do Rio de Janeiro e, dois anos mais tarde, foi instalada a primeira iluminação pública, alimentada por dínamos (NEOENERGIA, 2013). Porém, no decurso de 100 anos, pouca evolução houve em nos serviço em eletricidade. Isso deveu-se a um paradigma desse ramo da engenharia de que os critérios e procedimentos de projetos serem quase imutáveis e resistentes à adoção de novas tecnologias (COTRIM, 1992, p.XXI). Agregado a isso, os procedimentos de segurança sempre foram precários, favorecendo um grande número de acidentes por ano.

Esse paradigma começou a ser quebrado em 1978, quando o Ministério do Trabalho e Emprego, o então MTb editou a portaria nº 3.214, de 8/6/1978, através da qual estabeleceram-se as 28 primeiras Normas Regulamentadoras, dentre as quais há a de número 10, que versa sobre serviços em eletricidade. Com a necessidade de atender à evolução dos processos, a NR-10 sofreu uma importante revisão, permanecendo com a nova redação até os dias atuais.

Esta nova legislação obrigou as empresas a adequarem seus produtos a fim de atender aos requisitos mínimos de segurança, preconizados pela NR-10. Porém fatos comprovam que ainda há lacunas no atendimento a essa exigência.

Eventualmente, durante a elaboração de um projeto, as especificações técnicas emitidas pela empresa contratante se sobrepõem aos ditames legais fazendo com que o fabricante atenda essencialmente a exigência do consumidor. Conseqüentemente, algum requisito normativo pode ser omitido. É exatamente nessa falha do projeto que pode ocorrer um acidente.

A concepção atual de gestão integrada, na qual, dentre outros, o fator qualidade está entrelaçado (envolvido, atrelado, alinhado) com a gestão de segurança, implica em maior produtividade, com economia de tempo e custo para execução dos processos garantindo a segurança empresarial em igualdade com a segurança dos trabalhadores. Isto significa que, atuando de modo integrado, a Engenharia de Segurança do Trabalho visa atuar de maneira preventiva, de modo a garantir a segurança e integridade física do trabalhador, desde a fase do projeto até a operação e manutenção das instalações, incluindo as elétricas.

Portanto, o presente trabalho objetiva analisar criticamente as especificações técnicas para elaboração de projetos de equipamentos e instalações elétricas, sob o ponto de vista da segurança e da economicidade, considerando as diretrizes legais e técnicas das normas de referência.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo de caso com a avaliação da conformidade do projeto e instalação de um painel elétrico de baixa tensão, instalado em setor de refino de uma empresa em Araucária, Paraná, com os requisitos de segurança da Norma Regulamentadora n.º 10 e normas técnicas aplicáveis.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- investigar os requisitos de segurança contidos na NR-10, pertinentes para painéis elétricos de baixa tensão;
- Identificar as não-conformidades existentes no projeto do painel, objeto do estudo de caso a partir da aplicação de lista de verificação específica;
- propor mudanças nos procedimentos e especificações técnicas dessa empresa, para aquisição de novos painéis similares; e
- elaborar a Árvore dos Porquês com as causas básicas do acidente.

### 1.2 JUSTIFICATIVA

Os procedimentos que norteiam a elaboração de um projeto de painel elétrico, tais como o memorial descritivo, são fundamentais para o sucesso do mesmo. A NR-10 estabelece requisitos mínimos que devem estar contidos nesses documentos. Por outro lado, se o memorial descritivo não traz de maneira clara todas as informações necessárias, para a elaboração do projeto e execução da montagem pelo fabricante, podem ocorrer erros que levem à má execução do projeto, acarretando vícios, podendo também ocasionar acidentes (GRAZIANO, 2011). Neste estudo de caso, analisa-se o impacto de erros de projeto sobre a fabricação de um painel de distribuição CCM, que tiveram como consequência o sinistro do mesmo, a partir de uma gaveta de circuito, distribuição, levando a empresa a prejuízos em custo e prazo durante a execução de um empreendimento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

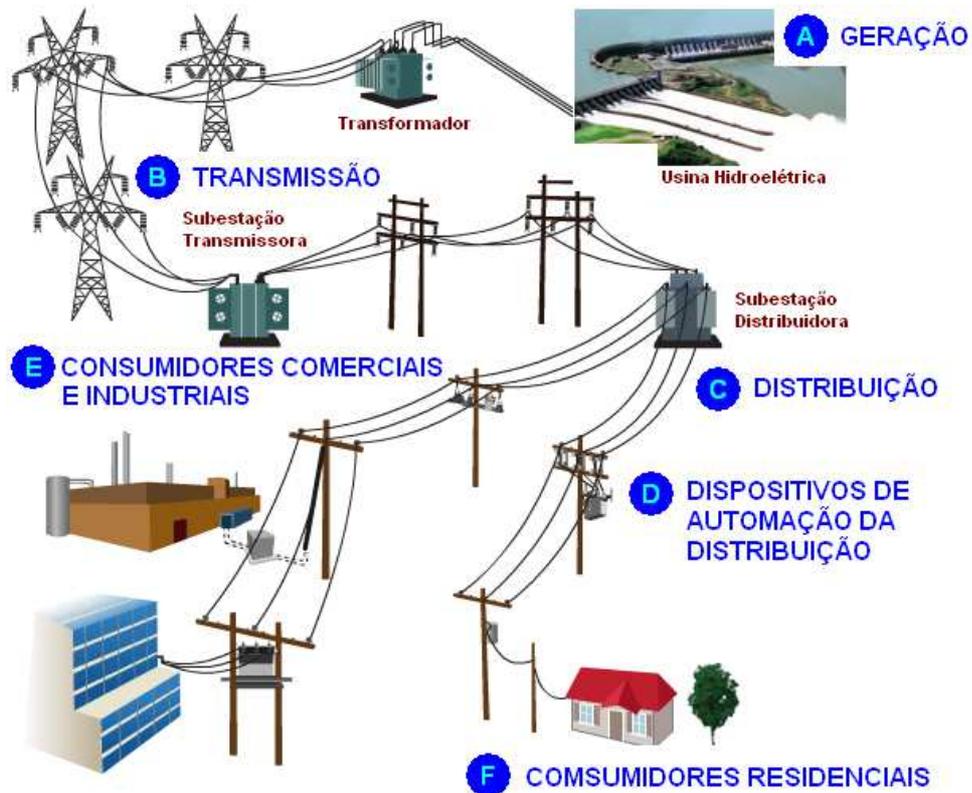
### 2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Antes de expor os fundamentos que embasaram o presente trabalho, faz-se necessário apresentar os conceitos básicos de eletricidade, a saber: corrente, circuito, sistema e instalação elétricos. O princípio de tudo é a corrente elétrica, definida como um fluxo de cargas elétricas entre dois pontos sob potenciais diferentes, interligados por um fio ou elementos condutores. O circuito elétrico é constituído quando este fluxo quando essa diferença de potencial concentra-se em um dispositivo gerador e esse fluxo de cargas percorre um circuito fechado, circulando desde um polo desse gerador até um dispositivo que utiliza a energia fornecida através da corrente, e deste, retornando ao outro pólo do gerador (BRAGA, 2013).

Cotrim (1992, p.1) define sistema elétrico como um circuito ou conjunto de circuitos interligados que existem para atender a um determinado objetivo e instalação elétrica como o conjunto de dispositivos elétricos associados e coordenados entre si, constituído para uma função específica, agregando tanto elementos condutores quanto estruturas não-condutoras.

### 2.2 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

Em seu glossário, a NR-10 conceitua Sistema Elétrico de Potência como “o conjunto das instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição, inclusive” (BRASIL, 2004). Desta forma, o SEP abrange todas as tarefas e processos em alta tensão, nas fases de geração, transmissão, distribuição aérea e subterrânea, subestações até chegar ao consumidor final, como ilustrado na Figura 1



**FIGURA 1: Elementos do Sistema Elétrico de Potência**

**FONTE: PAULINO, 2012.**

## 2.3 SUBESTAÇÕES

Dentre os componentes do SEP estão as subestações, cuja definição dada pela NBR- 5460 é apresentada a seguir:

“(...) parte de um sistema de potência, concentrada em um dado local, compreendendo primordialmente as extremidades de linhas de transmissão e/ou distribuição, com os respectivos dispositivos de manobra, controle e proteção, incluindo obras civis e estruturas de montagem, podendo incluir também transformadores, conversores e/ou outros equipamentos” (ASSOCIAÇÃO..., 1992, p.59).

Desta forma, compreende-se o termo “Subestação” como o arranjo físico de um estágio intermediário do SEP, isto é, situado entre a geração e o consumidor final.

As subestações recebem diversas classificações de acordo com suas características. DUALIBE (1999) explica que, quanto ao tipo, elas estão classificadas em concessionárias e industriais.

A subestação industrial difere da subestação concessionária porquanto o produto desta é a própria energia elétrica distribuída e entregue para consumo entre os consumidores, sendo a sua operação e manutenção de responsabilidade da empresa concessionária, e a primeira tem a finalidade de transformar e distribuir a energia elétrica para alimentar as máquinas e equipamentos constituintes do processo produtivo de uma determinada planta industrial, sendo sua operação e manutenção de responsabilidade da própria indústria. Além dessas características, uma subestação deve contar com dispositivos de detecção de falhas do sistema, a fim de isolar os trechos onde as mesmas ocorrem (DUALIBE, 1999).

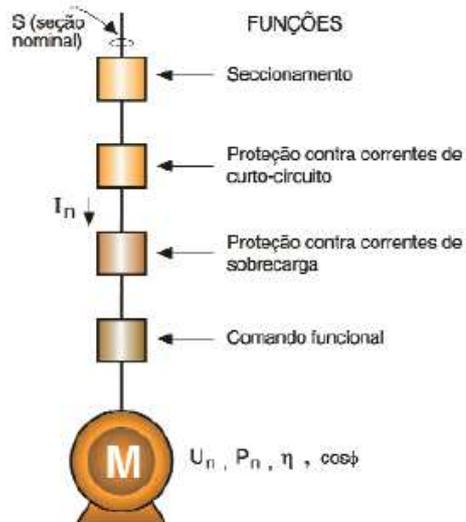
## 2.4 PAINÉIS ELÉTRICOS DO TIPO CCM

Dentre os componentes de uma subestação industrial, existem os quadros ou painéis de distribuição CCMs, que, por definição, são equipamentos destinados a receber a energia elétrica proveniente de uma ou mais fontes de alimentação e a distribuí-la entre os circuitos a que estão interligados (COTRIM, 1992, p.18). No caso dos CCMs, as cargas e/ou circuitos alimentados são, primordialmente, os motores elétricos, daí sua designação “Centro de Controle de Motores”.

Segundo Souza e Moreno (2001, p. 212), os motores elétricos ou equipamentos a motor constituem cargas que têm a finalidade de converter a energia elétrica absorvida em energia mecânica e apresentam características peculiares tais como, a corrente de partida muito superior à de funcionamento em regime permanente.

Por esse motivo, os circuitos de motores, sobretudo os de aplicação industrial, que exigem uma potência nominal superior aos de uso residencial ou comercial, necessitam de funções de controle adicionais, estabelecidas pela NBR-5410 (ASSOCIAÇÃO..., 2004).

As funções principais que devem fazer parte do CCM são: seccionamento, proteção contra sobrecorrentes, proteção contra correntes de curto-circuito e comando funcional. A figura 2 apresenta o diagrama de blocos funcionais do CCM interligado a um motor elétrico.



**FIGURA 2: diagrama de blocos de um circuito terminal de motor elétrico.**

Fonte: SOUZA; MORENO (2001, p.213)

## 2.4 REGULAMENTAÇÃO DE SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE

Nesta seção, pretende-se resumir os principais tópicos abordados pela NR-10, bem como sua associação com normas técnicas da ABNT, aplicáveis para o objeto deste trabalho.

### 2.4.1 NR-10: Objetivo e aplicação

Editada inicialmente através da portaria do Ministério do Trabalho, nº 3.214, de 8/6/1978, a NR-10 sofreu revisão em seu texto, através de um Grupo de Trabalho Tripartite – GTT – designado para este fim e extinto após a entrada em vigor na nova redação dessa norma, publicada no DOU de 8/12/2004 (SILVA, 2009, p.159-160).

Segundo o seu próprio preâmbulo, com a redação dada através da portaria do MTE, nº 598, de 7/12/2004, essa norma objetiva a “implementação de medidas de controle e sistemas preventivos” a fim de assegurar a integridade física e a saúde do

trabalhador envolvido, direta ou indiretamente, com instalações elétricas e serviços em eletricidade. Sua aplicação abrange desde a fase de geração de energia até sua distribuição e consumo, com ênfase nas etapas de projeto, construção, montagem, operação e manutenção das instalações elétricas (BRASIL, 2004). Vale salientar que a NR-10 é complementada pelas normas técnicas NBR 5410 e 14039 (GRAZIANO, 2011). Essas normas serão abordadas adiante.

#### 2.4.2 Riscos Elétricos

Um princípio que permeia a NR-10 é o chamado risco elétrico, que pode ser entendido através da definição que a própria norma emprega para “risco”: a capacidade de uma determinada grandeza com potencial ou probabilidade de afetar a saúde e a integridade física das pessoas. Desta forma, risco elétrico é a probabilidade de ocorrer danos às pessoas próximas a um sistema elétrico, causado por qualquer um dos fenômenos inerentes à eletricidade. (SERVIÇO..., 2005, p.9). Há diferentes riscos elétricos, mas os principais são o arco elétrico, o choque elétrico e o eletromagnetismo, sendo os dois primeiros os mais danosos aos trabalhadores. Sobre o arco elétrico, Queiroz e Senger (2012, p.46) afirmam que além das queimaduras provocadas pela grande quantidade de energia liberada na forma de calor e alta temperatura, ocorre também a liberação de fumos metálicos e projeção de partículas sólidas. Todos esses efeitos são suficientemente graves para provocar uma lesão permanente ao trabalhador exposto ou levá-lo a óbito.

Já o choque elétrico é uma perturbação que ocorre no corpo humano, quando percorrido por uma corrente elétrica e pode ter efeitos diversos (SERVIÇO..., 2005, p.10). Dependendo do percurso da corrente, intensidade, frequência, bem como da compleição física da vítima, os efeitos do choque elétrico se tornam mais graves. Dentre esses efeitos, enfatiza-se a queimadura interna, fibrilação ventricular e a tetanização, que é a paralisia dos músculos, o que muitas vezes é responsável por o indivíduo não largar a fonte de corrente, agravando ainda mais o choque.

### 2.4.3 Medidas de Controle

Conhecidos os riscos e os efeitos sobre o corpo humano, faz-se necessário aplicar medidas preventivas, de modo a evitar a exposição do trabalhador aos mesmos. A NR-10 preconiza que as empresas responsáveis pelas suas instalações elétricas devem adotar, para toda intervenção nessas instalações, medidas de prevenção para controle dos riscos. São elas: Constituir e manter o prontuário das instalações elétricas, para cargas instaladas acima de 75kW; adotar medidas de proteção coletiva e; fornecer equipamentos de proteção individual (EPIs) específicos para serviços em eletricidade. (BRASIL, 2004).

As medidas de proteção coletiva incluem: o próprio prontuário das instalações elétricas, o procedimento de desenergização, aterramento e dispositivos de sinalização e segurança. Exemplos desses dispositivos estão ilustrados através das Figuras 2(a), 2(b) e 2(c).



**FIGURA 3: Exemplos de EPCs para Subestações: a) Cone de sinalização; b) Fita de sinalização; c) Banqueta isolante.**

**Fonte: FUNDACENTRO, 2011**

Os equipamentos de proteção individual são aplicáveis quando as demais medidas de proteção coletiva não puderem ser adotadas em sua totalidade para um determinado serviço, expondo assim o trabalhador a algum risco residual. Segundo a NR-6, a qual atualizada pela portaria do MTE n.º 292, de 08 de dezembro de 2011 e que versa sobre EPIs de forma geral, a empresa é obrigada a fornecê-los aos seus empregados sempre que as medidas coletivas adotadas não forem suficientes para

oferecer uma proteção completa contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças relacionadas ao trabalho, ou enquanto as mesmas estiverem sendo implantadas, ou ainda para atender situações emergenciais (BRASIL, 2011). Portanto eles não devem ser usados de maneira indiscriminada. As Figuras 3(a), 3(b) e 3(c) exemplificam EPIs específicos para serviços em eletricidade.



**FIGURA 4: EPIs específicos para eletricidade: a) Capacete com viseira; b) Luvas de borracha; c) Vestimenta antichama.**

**Fonte: FUNDACENTRO, 2011**

#### 2.4.4 Requisitos de Segurança em Projetos

Este item da norma, para o qual será dada maior ênfase neste trabalho, estabelece diretrizes básicas de segurança na elaboração e execução do projeto de uma instalação elétrica. Contendo dez sub-itens, é compreensível que o mesmo não pretende abranger toda a gama de dispositivos de proteção existentes que devem estar contemplados no projeto, tampouco detalhar as etapas de implementação do mesmo. Sob a ótica de Leite e Neto, em seu artigo publicado na revista “O Setor Elétrico de janeiro de 2010, a simples observância dos dispositivos da NR-10 e normas técnicas não garante o sucesso, no tocante à segurança do projeto de uma instalação (LEITE; NETO, 2010, p. 47). Portanto, este item da norma deve ser interpretado apenas como uma introdução dos preceitos da segurança durante a fase de projeto, minimizando, assim, a necessidade de adequações da mesma durante a fase de execução, bem como posteriormente, na operação e manutenção da instalação. (Elyseo, 2006).

Basicamente, segundo a NR-10, os projetos de instalações elétricas devem contemplar (BRASIL, 2004):

- a) Dispositivos de desligamento de circuitos;
- b) Recursos para impedimento de reenergização;
- c) O espaço seguro para acesso aos componentes;
- d) Proteção contra choque elétrico;
- e) Condições para a adoção de aterramento temporário;
- f) Iluminação normal e de emergência adequada e posição de trabalho segura;
- g) sinalização e identificação eficiente.

#### 2.4.5 Requisitos de Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção

No tocante às etapas de execução da construção e montagem até a operação e a manutenção dos equipamentos elétricos, a NR-10 estabelece as seguintes diretrizes (BRASIL, 2004):

a) obrigar toda empresa que possua um sistema elétrico a ter e manter atualizado o prontuário das instalações elétricas da mesma, composto de documentos técnicos concernentes ao seu sistema elétrico, tais como: diagramas unifilares, procedimentos, documentos de inspeção, etc., e também as evidências de habilitação, qualificação capacitação dos funcionários envolvidos com serviços em eletricidade;

b) estabelecer a condição para autorização dos trabalhadores para executar atividades em eletricidade, a saber, os critérios de habilitação, qualificação e capacitação para essas atividades, bem como o conteúdo mínimo e carga horária mínimos de treinamento;

c) estabelecer a distância segura do trabalhador ao equipamento energizado e a definição de zonas de "risco" e "controlada" no entorno de pontos energizados;

d) orientar a aplicação das medidas de controle e de equipamentos de proteção coletiva e individual para os trabalhadores, bem como os passos para desenergização das instalações elétricas.

#### 2.4.6 Normas técnicas aplicáveis: ABNT

Como já mencionado anteriormente, a NR-10 está em consonância com as normas técnicas vigentes, principalmente a NBR-5410 (Instalações elétricas de BT), NBR-5460 (Terminologia) e NBR-14039 (Instalações elétricas de AT). Como o escopo deste trabalho, abrange apenas equipamentos de baixa tensão, será dada ênfase, somente à primeira. O termo “Baixa Tensão” se refere aos níveis de tensão maiores que 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua e menores ou iguais a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou fase-terra (COTRIM, 1992, p.3). Devido ao grau de abrangência dessa norma, não se pretende com este trabalho, dar aprofundamento neste tema, porém pontuar algumas diretrizes da mesma, importantes para o objeto de estudo.

A NBR 5410 tem por objetivo estabelecer “as condições que as instalações elétricas de baixa tensão devem satisfazer a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens”, aplicando-se, dentre outras, às instalações elétricas industriais (COMISSÃO..., 2004, p.47). Essa norma prevê que todo sistema elétrico contemple, dentre outras, as seguintes funções: Proteção contra choques elétricos; proteção contra efeitos térmicos; proteção contra sobrecorrentes, proteção contra sobretensões, desligamento de emergência e seccionamento do circuito. Este princípio será fundamental para o desenvolvimento deste estudo.

Além desses princípios, afirma COTRIM (1992, p.21) a norma estabelece outras premissas para a garantia da segurança de pessoas, animais e bens, contra os efeitos danosos resultantes da utilização das instalações elétricas, a saber:

- a) Independência da instalação elétrica, relativa a outras estruturas, não-elétricas, do prédio, como por exemplo, rede de água e esgoto;
- b) Acessibilidade dos componentes, com espaçamento adequado para fins de substituição de componentes, bem como para serviços e manutenção;
- c) Condições de alimentação, isto é, a tensão do circuito não pode ser igual ou superior à tensão nominal dos componentes da instalação; e

d) Condições da instalação, significa que todo componente da instalação deve ser compatível com as características do local onde será instalado, de modo a suportar os riscos a que possa ser submetido.

Outro aspecto relevante da norma diz respeito à classificação das Influências Externas. A NR-10 conceitua como toda variável que deve ser considerada nos critérios de seleção das medidas de proteção e dos componentes da instalação (BRASIL, 2004). COTRIM (1992, p. 35) afirma que se tratam de condições exteriores a que os componentes podem estar sujeitos e que podem exercer influência nos procedimentos de projeto e serviços em eletricidade. Segundo a classificação da NBR-5410, eles se enquadram em três categorias:

a) condições ambientais, dizem respeito a fatores como clima, relevo e situação da instalação. Ex: temperatura, umidade, altitude;

b) condições de utilização, referem-se ao local da instalação e agentes físicos. Ex: choques mecânicos, vibrações, presença de fauna e mofo; e

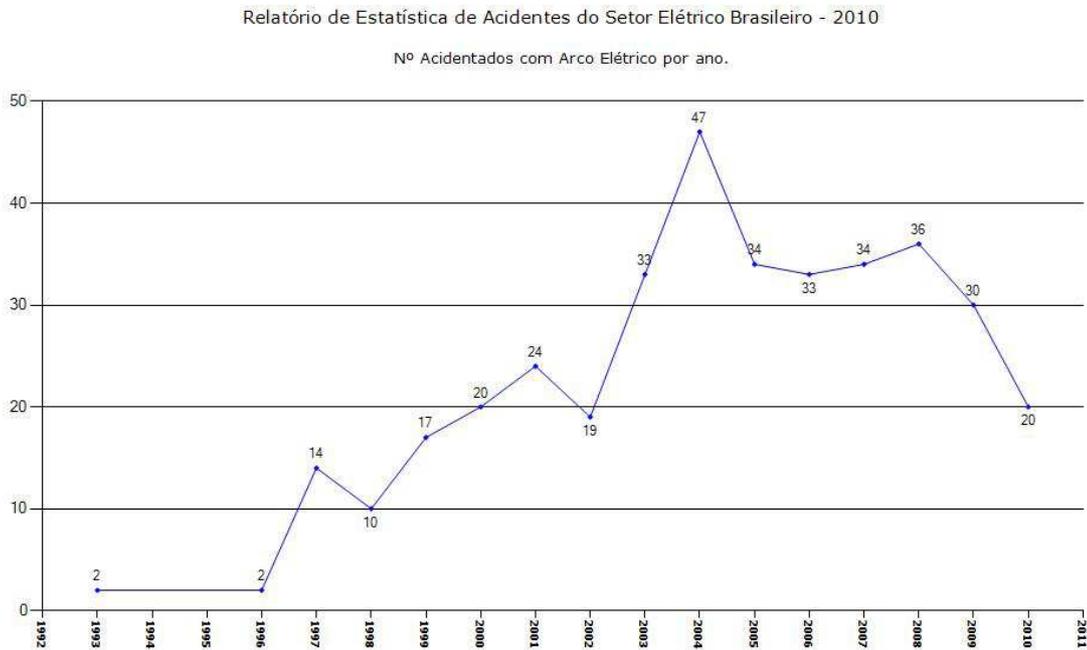
c) condições relacionadas a construção onde se situa a instalação, referem-se, as pessoas e materiais que interagem com a instalação. Ex: competência das pessoas, natureza química dos produtos processados.

## 2.5 ACIDENTES ENVOLVENDO PAINÉIS ELÉTRICOS EM ÁREAS INDUSTRIAIS.

Estatísticas recentes revelam que há uma progressiva diminuição dos acidentes envolvendo riscos elétricos, sobretudo relacionados ao arco elétrico. Isso se deve à crescente preocupação da indústria no tocante à segurança de suas instalações e procedimentos, motivada pelos critérios restritivos da nova NR-10, causando profundas mudanças quanto aos projetos, operação e gerenciamento das instalações elétricas (QUEIROZ; SENGER, 2012, p.46). Porém, devido à gravidade dos acidentes envolvendo o arco elétrico, o número ainda é preocupante.

Além disso, os dados aqui expostos não refletem a totalidade. Segundo a Fundação COGE (Comitê de Gestão Empresarial), autora da pesquisa realizada em 2010, foi feito um levantamento, consolidando os dados de 81 empresas em todo o país. Um número apenas representativo, mas não absoluto. Portanto, estima-se que a quantidade de acidentados com arco elétrico seja muito maior. A despeito disso,

os dados da Fundação podem ser uma boa referência, em termos de análise da tendência de adequação das empresas, conforme pode ser visto na Figura X123.



**FIGURA 5: Progressão do número de acidentados com arco elétrico até 2010.**

Fonte: Fundação COGE, 2010.

## 2.6 ESTADO DA ARTE

Nos dias atuais, após nove anos da nova NR-10 ter entrado em vigor, e oito anos após a revisão da NBR-5410, o mercado absorveu as novas exigências e o reflexo disso é a diminuição dos acidentes envolvendo instalações elétricas. Contudo, há uma preocupação em se adequar as instalações existentes, anteriores às normas. Muitas empresas relutam em arcar com os custos dessa adequação e, por isso, a conformidade das instalações existentes caminha em passo mais lento.

Por outro lado, o avanço tecnológico, que permite a compactação dos componentes, diminuindo as dimensões dos equipamentos elétricos e a dissipação térmica nos mesmos, bem como a automação dos painéis elétricos agregando componentes eletrônicos ao mesmo, tornou essas normas insuficientes, pois os padrões internacionais evoluíram de tal forma que hoje há produtos muito mais

seguros disponíveis no mercado. Vale salientar a constante busca por certificação, nacional e internacional, por parte dos fabricantes de equipamentos e componentes elétricos.

Como exemplo notório disso, a norma IEC 61850 define as bases de uma nova evolução tecnológica, permitindo o controle das variáveis dentro de uma subestação e integrando os diversos elementos a partir da comunicação digital, seguindo a filosofia de redes de comunicação LAN Ethernet de alta velocidade facilitando a implantação de funções de automação e de auxílio à operação e manutenção (PEREIRA et al., 2009, p.1). Esta tecnologia oferece elevada confiabilidade da operação do sistema elétrico, porém requer novas precauções e recomendações no projeto, ao agregar mais componentes ao sistema, o que sem dúvida diminui o MTBF (do inglês “Mean Time Between Failures”, Tempo Médio Entre Falhas), que é um indicador de confiabilidade do equipamento usado para fornecer o número de falhas num período de horas de operação e que tem por finalidade prever o tempo de operação até a ocorrência de uma falha e a necessidade de reparo (IMC NETWORKS, 2011). Este, portanto, é um indicador muito importante como critério de seleção de um determinado modelo de equipamento e de qualificação dos fornecedores, para aplicações críticas, isto é, que necessitam de operação contínua com alta confiabilidade, com é o caso dos dispositivos de controle e de segurança.

Outro exemplo é a norma NBR IEC 60439 parte 1, a qual define os conjuntos de manobra e ensaios de tipo totalmente testados (TTA – do inglês “Type Tested Assemblies”) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA, do inglês “Partially Type Tested Assemblies”), para painéis e quadros elétricos. Esta norma, de nível internacional e importada pela ABNT trouxe exigências ao cenário brasileiro, pois promoveu a Certificação TTA (“Type Tested Assemblies”) e PTTA (“Partially Type Tested Assemblies”) pelos fabricantes, a qual atesta que um equipamento (quadro ou painel) foi totalmente testado, num conjunto de ensaios previstos em procedimento. Estes ensaios compreendem os seguintes testes: elevação de temperatura; propriedades dielétricas; corrente suportável de curto-circuito; grau de proteção; eficácia do circuito de proteção; distâncias de escoamento e de isolação; e funcionamento mecânico (Revista O Setor Elétrico, 2012).

Segundo pesquisa e debate promovidos pela revista “O Setor Elétrico”, há uma preferência dos fabricantes em seus investimentos pelos painéis que não

possuem esta certificação, que está de acordo com a norma internacional IEC 60439. Essa oposição se deve a dois fatores: indisponibilidade e incompatibilidade dos equipamentos do mercado. Para se ter uma visão geral do cenário, segue a transcrição de trechos desse debate:

Segundo pesquisa feita pela revista O Setor Elétrico (2012), há uma preferência dos fabricantes em seus investimentos pelos painéis que não possuem esta certificação, que está de acordo com a norma internacional IEC 60439. Essa oposição se deve a dois fatores: indisponibilidade e incompatibilidade dos equipamentos do mercado. Um debate entre representantes do setor, promovido pela revista, faz alusão a essa exigência e ao mesmo tempo expõe uma dificuldade dos fabricantes e dos contratantes em atender esses requisitos. Esse debate segue parcialmente transcrito a seguir:

“(...)

**Alexandre Magno Freitas (Gfape e Grupo CEI)** - Seguramente que não. Já presenciei inúmeros e longos debates sobre o tema e a maioria deles sem desfechos conclusivos à luz da boa técnica, da norma e principalmente do bom senso. Especificamente no conceito do PTTA, a norma, infelizmente, oferece possibilidades e cada parte a interpreta conforme sua conveniência. Não é incomum a seguinte cena: O cliente especifica um painel e determina que o produto deva ser fabricado conforme a norma e deva ser TTA. O instalador pesquisa no mercado e descobre que não há um TTA equivalente ao que foi projetado. O que fazer então? ‘Aceita-se um PTTA, não é o ideal, mas atende-se à norma (sic)...’. E aí começa a confusão. O cliente não consegue equalizar tecnicamente nem comercialmente as propostas. Cada instalador e/ou fabricante propõe uma solução técnica diferente com preços mais diferentes ainda. Finalmente, em boa parte dos casos, o cliente não recebe nada parecido com o que deveria ser o tecnicamente correto à luz da norma e na maioria das vezes paga mais caro por isso.

**Flávio de Paula (Afap)** – Não foi assimilado ainda. Esta norma traduz de forma não muito clara as características para painéis de distribuição de força e acionamento de cargas com painéis tipo CCM. Para painéis de automação, por exemplo, os ensaios citados na norma são incompatíveis com a característica do equipamento. Outro ponto é a similaridade para utilização da validação dos ensaios de tipo para os painéis TTA. Até que ponto um painel pode ser considerado "similar" a outro? Como esta condição é uma função empírica do projetista, fica muito vago até que ponto podemos afirmar que um painel TTA é igual a outro. Por exemplo, como podemos garantir que um CCM de 30 gavetas extraíveis com alimentadores de 160 A é "similar" a outro com 20 gavetas extraíveis com alimentadores de 250 A?

**Luiz Rosendo (Schneider)** - Para o mercado mais profissional, em obras em que a engenharia exerce um trabalho para a indústria de grande e médio portes, o conteúdo da norma foi assimilado de forma geral. Já para projetos menores, infelizmente, vemos que os projetos não definem a que normas os painéis elétricos devem atender. Porém, a cada dia, vemos a norma ser aplicada com mais frequência.

**Miguel Dutra Lacroix (projetista)** – A norma deveria ser mais desenvolvida em nível nacional, adequada às exigências do mercado e em conformidade com as exigências da NR 10.

**Odair Andreaça (VR Painéis)** – Ainda não. Vemos com muita frequência projetistas, instaladores, fabricantes e usuários que não fazem a exigência de que os painéis atendam à norma. Na maioria dos casos, não fazem nem menção a ela ou não questionam os fornecedores, até mesmo por desconhecer os critérios da norma e sua importância técnica. Observamos com maior frequência apenas as grandes empresas serem mais firmes no pleno atendimento à NBR IEC 60439, como por exemplo, empresas do porte da Petrobras, da Vale, entre outras. (...).” (REVISTA O SETOR ELÉTRICO, 2012. Grifo do Autor)

A maior dificuldade para as empresas se adequarem a essa certificação diz respeito ao custo elevado dos ensaios, o que certamente agrega valor ao produto, isto é, ao painel ou quadro.

Estes são apenas alguns exemplos de avanços tecnológicos no setor elétrico, posteriores à nova NR-10 que estão presentes nos novos projetos de subestações, quadros e outras instalações elétricas. A ABNT está buscando dar congruência entre as normas técnicas vigentes e a NR-10 e, ao mesmo tempo, equiparar com os padrões das normas internacionais no que tange a adequação das instalações elétricas. Mas é preciso que o mercado absorva as exigências das novas tecnologias, sem, contudo, ignorar as exigências fundamentais da NR-10, para que os projetos das instalações elétricas estejam em conformidade, e, mais que somente atender a um dispositivo legal, venham garantir a operabilidade dos sistemas elétricos com segurança para as pessoas.

## 2.7 USO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES

É importante afirmar que as ferramentas de gestão de qualidade são importantes auxílios para o processo de melhoria contínua. Naturalmente, os avanços tecnológicos advêm da análise de falhas em processos, bem como dos próprios equipamentos que compõem o sistema. A partir das falhas encontradas, os fabricantes identificam possíveis erros em projetos. Essa identificação lhes permite realizar aprimoramentos desses projetos, resultando em equipamentos mais confiáveis e que expõem menos a riscos elétricos os operadores e profissionais de serviços em eletricidade.

Paredies et al (1998) apud Almeida (2003) apresentam essas ferramentas, classificando-as em dois grupos: “técnicas de árvores” e “métodos de *checklist*” (lista de verificação).

Sobre o primeiro grupo, será explorada e aplicada no presente trabalho a “Árvore dos Porquês”, por esta encontrar uma ampla aceitação em empresas e organizações, nos seus processos de gestão. Segundo Mata-Lima (2007), esta técnica consiste em ordenar um conjunto de questões aos problemas encadendo-as com suas respectivas respostas. Cada nó da árvore, a partir do primeiro que identifica o problema, é uma afirmativa sobre determinado aspecto que explica a causa para o nó anterior, transformando-se em pergunta para o nó seguinte. Sob um mesmo ramo da árvore, cada nó permite um aprofundamento maior sobre as causas do problema, desde os motivos imediatos até que sejam identificadas as falhas na organização ou no gerenciamento da empresa que ocasionaram esse problema.

A construção da árvore se apoia no método dos “cinco porquês” desenvolvidos pela montadora Toyota, em seu sistema de gestão para melhoria contínua. Segundo Jeffrey e Ribeiro (2006, p. 246), a eficiência desse método está no fato de que o processo de perguntar “por quê” leva a um motivo cada vez mais distante na cadeia de causas e efeitos. Dessa forma, ele permite ir fundo nas causas do problema, até que se encontre a raiz do mesmo, ou seja, o fator que desencadeou todo o processo que levou ao problema.

A aplicação dessa ferramenta levou a Toyota a desenvolver um modelo de gestão em prol da melhoria contínua, sendo copiado por muitas empresas e organizações ao redor do mundo. No Brasil, muitas empresas adotaram a “Árvore dos Porquês” em seus sistemas de gestão integrada, por permitir uma visualização fácil dos problemas da organização, inclusive nos procedimentos de análise e investigação de acidentes.

O ponto fraco da técnica é o de não haver uma convenção da simbologia, ou seja cada organização adota uma forma gráfica que mais lhe convém ou que mais se identifica com a cultura da empresa. Por esse motivo, esta ferramenta é mais dificilmente empregada de forma científica.

Contudo, há trabalhos de pesquisa acadêmicos que respaldam a utilização desse método por considerar satisfatórios os resultados de aprendizagem, devidos à mesma (MATA-LIMA, 2007).

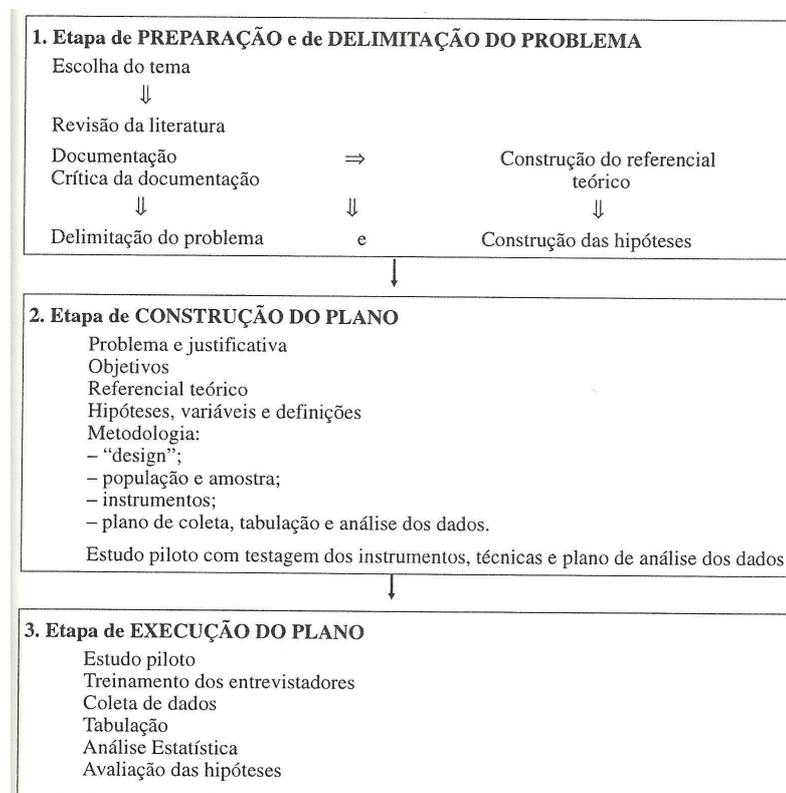
Sobre a técnica de *Checklist*, Gandra, Ramalho e Marques (2004, p. 7) afirmam que esta é a técnica mais utilizada pelas organizações e varia de uma para outra. Além disso, é mais limitada, pois não permite explorar a relação de causa e efeito entre os fatores apontados como não-conformidades.

Contudo, é recomendável sua utilização combinada com o método de árvore, pois ambas se complementam na análise das causas.

### 3 METODOLOGIA

O desenvolvimento desta pesquisa utilizou os conceitos de Jung (2004) e visou identificar as possíveis falhas em procedimentos para elaboração de projetos de painéis de elétricos de distribuição e controle de cargas e motores a partir de um estudo de caso de um projeto de painel do tipo CCM, apontando-se as falhas que culminaram em um acidente. Pretendeu-se nesta investigação identificar as causas básicas para esse acidente e propor ações corretivas no âmbito dos procedimentos e critérios técnicos para elaboração de projetos.

Para tanto, foi realizada uma pesquisa predominantemente descritiva, organizada em etapas apresentadas na Figura 5 a seguir, adaptado da metodologia apresentada por Köche (2004). Conforme ele mesmo preconiza, esta metodologia é aplicada quando o resultado não depende de uma manipulação de dados do fenômeno, mas sua constatação é feita posteriormente ao fenômeno estudado (KOCHE, 2004, p.124). Portanto, ao realizar um estudo de caso, buscou-se extrair resultados a partir de fatos e dados já ocorridos.



**FIGURA 6: Etapas da Metodologia de Pesquisa**

Fonte: KÖCHE, 2004, p.127

### 3.1 ETAPA DE IDENTIFICAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO TEMA

A primeira etapa do trabalho é dedicada à escolha do tema, a delimitação do problema, à construção do referencial teórico e das hipóteses, objetivando determinar os limites da investigação do problema (KOCHE, 2004, p.128). A escolha do tema é feita por critérios, dentre outros, de relevância e oportunidade.

Esta pesquisa se desenvolveu a partir do seguinte problema: Os painéis elétricos de BT estão atendendo a NR-10?

Através do estudo de caso do painel, propôs-se o seguinte tema: A análise da conformidade de um Painel elétrico de distribuição, após acidente ocorrido em gaveta de circuito de motor.

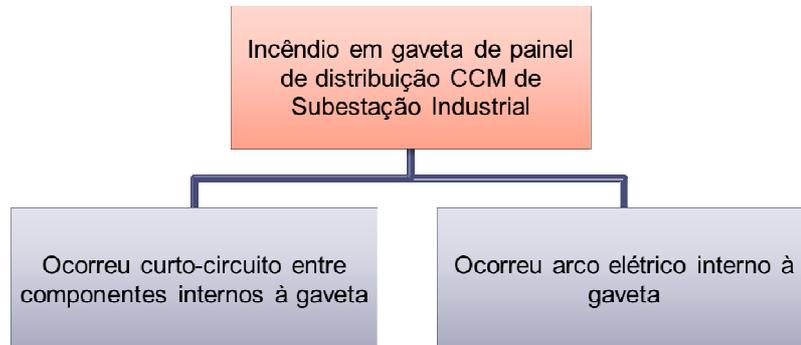
A delimitação do tema foi fundamentada nas seguintes hipóteses:

- Os documentos de projeto não estavam totalmente em conformidade com as normas de referência.
- O Projeto Executivo não seguiu as diretrizes do Básico.
- O painel não foi construído conforme o projeto executivo.
- Um evento não previsto na subestação favoreceu o sinistro.

Para testagem das hipóteses e análise do acidente, foi escolhida a ferramenta de gestão “Árvore dos Porquês”, devido à sua fácil visualização dos resultados. Paralelamente a outras técnicas de gestão, como o Diagrama de Ishikawa e o Diagrama de Pareto, a Arvore dos Porquês consiste numa forma gráfica de fácil visualização que obedece uma determinada lógica desde o efeito até se encontrar as causas básicas. A lógica começa pela identificação das causas imediatas do acontecimento e, mediante a técnica conhecida por “tempestade de idéias”, são elaboradas hipóteses de causas subsequentes, como possíveis respostas para as perguntas: “por que ocorreu tal evento”. Assim, as respostas são colocadas sucessivamente até que não haja mais como responder aos porquês. A última resposta de cada ramificação da árvore é identificada como a causa básica, ou causa-raiz do problema (MATA-LIMA, 2007).

Graficamente, é construída na forma de organograma, tendo em seu topo a descrição sucinta do evento. Ligados diretamente a ele estão as possíveis causas imediatas, a partir das quais se desenvolvem as causas intermediárias escritas em forma de resposta (os porquês), até se chegar às causas básicas do acidente.

Utilizando essa ferramenta, foi obtido o diagrama inicial, conforme a Figura 6 a seguir.



**FIGURA 7: Árvore dos porquês com as hipóteses levantadas para causas imediatas.**

**Fonte: autoria própria.**

O passo final desta etapa é a Construção do referencial teórico. Para isso, foram consultadas primordialmente a NR-10 a ABNT NBR-5410, livros e artigos da *internet* sobre instalações elétricas, bem como catálogos de fabricantes.

### 3.2 ETAPA DE CONSTRUÇÃO DO PLANO

Tendo em mãos o referencial teórico e as hipóteses para teste, iniciou-se a segunda etapa da investigação, tendo como curso orientador o problema e o teste das hipóteses, que são as bases do projeto, sem as quais, poder-se-ia correr o risco de desviar do foco do problema (KOCHE, 2004, p.133).

Em seguida, consolidou-se o referencial teórico, em uma lista de verificação para comparação da norma com o objeto de estudo. A lista resultante está no Apêndice A.

Ainda nesta etapa, estabeleceu-se quais documentos seriam relevantes para se proceder a coleta dos dados do projeto analisado.

### 3.3 ETAPA DE EXECUÇÃO DO PLANO

Estabelecidas as ferramentas, iniciou-se a terceira etapa, com a coleta e tabulação dos dados, a avaliação das hipóteses com a aplicação dos testes e análise estatística. A tabulação dos dados foi feita através dos registros da aplicação da lista de verificação, que se encontram no Apêndice A, e através do desenvolvimento da árvore dos porquês, Apêndice B, ao final deste trabalho.

A análise estatística serviu para comprovar a aceitação ou rejeição da hipótese inicial, atribuindo juízos de valor sobre as relações entre as variáveis, tendo em vista o problema investigado e o referencial teórico (KOCHE, 2004, p.135).

Partindo desse resultado, buscou-se propor soluções para o problema inicial, isto é, as ações corretivas para o painel e para os procedimentos de elaboração do Memorial Descritivo, a fim de evitar inconsistências em projetos futuros, bem como, obteve-se o grau de eficácia das ferramentas selecionadas para este estudo .

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Já foram apresentados anteriormente os conceitos relacionados à subestação industrial e ao painel, ou quadro de distribuição centro controle de motores (CCM).

Fisicamente, o quadro de distribuição é constituído de um invólucro metálico com portas e compartimentos (gavetas) para acesso aos componentes internos. Internamente, o quadro é formado por: barramento de entrada, disjuntor ou relé de entrada (principal); barramentos secundários, relés e disjuntores; dispositivos de segurança para controle corrente, detecção de arco elétrico, régua terminal para dispositivos de controle;

Nesta seção do trabalho será apresentado o painel analisado no estudo de caso a partir de uma lista de verificação elaborada a partir das diretrizes normativas.

O painel CCM, modelo Siplux, cujas características estão no Anexo A, está localizado numa das subestações de distribuição de uma refinaria de petróleo em Araucária, Paraná, e foi adquirido para atender a alimentação elétrica de motores e iluminação de uma determinada unidade de processo que estava em fase de construção e montagem, obra em regime de empreitada. A Subestação que abriga esse painel está localizada fora de área classificada e conta com sistema de ar pressurizado para evitar a entrada de gases tóxicos e explosivos. Para seu projeto e aquisição a contratante emitiu ao tomador dos serviços um memorial descritivo, no qual constava, dentre outros, o escopo de fornecimento desse painel, e uma especificação técnica, genérica, para nortear os projetos de instalações elétricas da refinaria.

A partir desses documentos, o tomador dos serviços fez uma cotação com fornecedores reconhecidos e certificados no mercado, inclusive com a certificação TTA, emitindo parecer técnico da escolha do fabricante. Em seguida, o projeto desenvolveu-se sob a supervisão do tomador e anuência do contratante, até seu recebimento na obra, num período de aproximadamente doze meses.

Após o lançamento e ligação dos cabos desde o painel até as cargas, instalação do aterramento e teste dos dispositivos de segurança, o contratante

autorizou a energização do quadro, passando a um período de teste de preparação dos motores para entrada em operação da unidade de processo.

Menos de uma semana após a energização do painel, sem que houvesse algum motivo evidente, uma das gavetas sofreu incêndio, provavelmente causado por arco elétrico ou curto-circuito. O sinistro causou perdas no próprio painel, atingindo três gavetas, sendo a que provocou o incêndio e duas adjacentes à mesma, superior e inferior, na coluna 2 do painel, como mostra a figura 8.



**FIGURA 8: Estado das gavetas após o sinistro.**

**Fonte: Autoria própria.**

Imediatamente após a constatação do fato, a contratante instaurou uma investigação do acidente, ainda que não tenha feito vítimas. O tomador providenciou a imediata desenergização do painel e acionou a assistência técnica do fabricante para extrair a gaveta e avaliar as causas da ocorrência. Como pode ser verificado na figura 9, a seguir, os componentes da gaveta ficaram seriamente danificados após o sinistro, o que dificultou a apuração das causas do mesmo.



**FIGURA 9: Estado dos componentes da gaveta após o sinistro.**

**Fonte: Autor.**

Após a inspeção inicial, com relatório fotográfico, o fabricante apresentou laudo preliminar, informando que a causa imediata do sinistro foi uma falta, não especificada, entre o disjuntor da gaveta e a chapa metálica lateral. Apresentou ainda hipóteses para as causas básicas. A apresentação do laudo está no Anexo B.

## 4.2 ANÁLISE DA CONFORMIDADE DO PAINEL.

Com base nos documentos fornecidos pelo fabricante e pelo tomador dos serviços, bem como nos laudos de inspeção do painel antes e após o acidente, o painel foi submetido a uma análise de conformidade, obedecendo os seguintes passos: análise dos documentos de projeto; aplicação da lista de verificação de conformidade do projeto e o teste das hipóteses da árvore dos porquês.

### 4.2.1 Levantamento dos documentos técnicos para aquisição do painel

Para essa etapa da análise foram considerados os seguintes documentos, constantes do projeto básico: memorial descritivo das instalações elétricas e especificação técnica dos critérios de projetos em eletricidade emitidos pela

contratante; e os seguintes documentos elaborados no projeto executivo: Folha de Dados do Painel, Desenho de *Lay-out* e Detalhes Típicos do Painel.

O Memorial Descritivo foi concebido para abranger o projeto das instalações elétricas, do empreendimento como um todo, isto é, tanto os equipamentos a serem instalados nas subestações que alimentavam a unidade de processo a ser construída pelo tomador dos serviços e suas unidades auxiliares, quanto as suas interligações com os motores e equipamentos situados na própria unidade. Na introdução do memorial, fora citado como referência outro documento, “Critérios de Projeto”, o qual, entendeu-se, deveria dar maiores subsídios para o atendimento aos requisitos normativos.

Na forma em que foi elaborado, esse documento descrevia de forma sucinta o escopo dos serviços a serem executados nessas instalações. No tocante ao painel em questão, o memorial prescrevia a construção do mesmo da seguinte forma: constituído de quatro colunas, sendo uma exclusiva para o barramento primário e as seguintes com divisórias em gavetas para distribuição das cargas, mais reservas para futuras ampliações, além de componentes eletrônicos para proteção, controle e comunicação em rede, certificada com os protocolos definidos nas normas recentes. Não havia, nesse documento qualquer detalhamento sobre algum desses itens, ficando o projetista e o fabricante encarregados de elaborar o mesmo.

No tocante à segurança das instalações, o memorial não citava em qualquer ponto a Norma Regulamentadora nº 10 nem a NBR 5410, fazendo referência apenas a normas internas e internacionais. Contudo, na análise do documento pode-se observar que o teor da NR-10 está explícito, ainda que sucintamente.

O referido documento de Critérios de Projeto de instalações elétricas é um documento abrangente, aplicado nos MDs de todas as obras no estabelecimento da contratante e, por esse motivo, não traz critérios específicos sobre a instalação elétrica que está sendo estudada. Dada essa abrangência, procurou-se na pesquisa, para esse documento, identificar os itens aplicáveis para o projeto do painel, os quais foram concentrados na seção “Painéis elétricos de baixa e média tensão” do mesmo.

Foi notório que o documento não referenciava nessa seção qualquer item da NR-10 nem da NBR-5410. Além disso, no que tange aos componentes da gaveta, não aparece no corpo do documento algum critério técnico que comprometa a distância entre os mesmos, nem recomenda precaução contra arco elétrico,

limitando-se somente a prescrever distâncias mínimas entre componentes por critério de facilidade de manutenção e boa dissipação térmica. Foi notório que a falta dessa informação poderia suscitar dúvidas ao fabricante, fazendo com que não fosse respeitada uma possível distância de segurança. Não há qualquer recomendação quanto às dimensões do painel, das gavetas e dimensão dos componentes. Por outro lado, o documento determina a classe de temperatura dos componentes, o que pode ser um ponto favorável.

Passando aos documentos emitidos pelo fabricante, foram analisados primeiramente os desenhos dimensionais, diagramas unifilares e de interligações. Por esses documentos, verificou-se que as características construtivas estavam coerentes com as exigências da contratante, exceto que o painel não possuía coluna exclusiva para o barramento de alimentação do painel (primário), como pode ser visto na Figura 10. Feita essa constatação, a contratante bloqueou a continuação dos trabalhos para energização do painel e solicitou a imediata providência do fabricante para correção do projeto.

Contudo, o tomador e o fabricante, ao analisar o sinistro, constataram que essa divergencia nada têm haver com o mesmo, pois as colunas são isoladas internamente por chapas metálicas e a gaveta onde ocorreu a falha pertencia à segunda coluna.

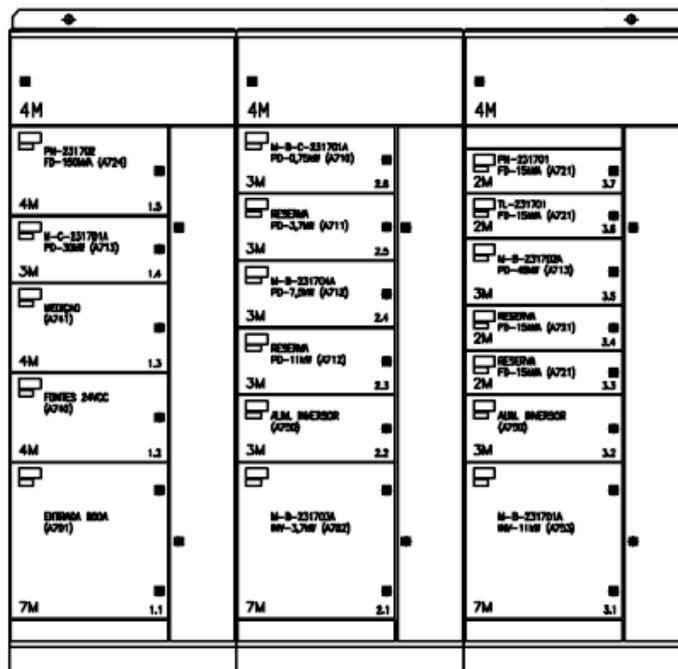


FIGURA 10: Vista frontal do projeto do painel

Fonte: Autoria própria.

Outro documento relevante para a análise desta pesquisa é o Plano de Inspeção e Testes (PIT). Esse documento estabelece e detalha, além da inspeção visual dos componentes, que os seguintes ensaios deveriam ser realizados pelo fabricante: Ensaio de Tensão Aplicada para medição da resistência de isolamento e atendimento à NBR IEC 60439-1 e Ensaio Funcional dos Circuitos.

Obviamente, o mesmo deveria ser consultado durante os testes de aceitação em fábrica (TAF), acompanhado pelo inspetor de qualidade e por representante técnico da contratante, antes da entrega do painel na obra. Porém, dado o atraso da data da entrega do painel, comprometendo o cronograma da obra, conforme informado pela contratante, a inspeção durante o TAF foi parcial, isto é, não houve o comparecimento de todos os designados, o que não garantiu a execução integral dos testes previstos no PIT.

Finalmente, a Folha de Dados do equipamento traz a tabulação dos dados técnicos de cada componente do mesmo e referencia as normas técnicas exigidas, dentre elas, a NBR 5410. Desta forma, esse documento foi considerado satisfatório para a presente análise.

#### 4.2.2 Aplicação da lista de verificação de conformidade do projeto do painel

A etapa seguinte da pesquisa foi comparar o projeto como um todo, tendo-se por referência os documentos levantados, com os critérios da NR-10, a partir da lista de verificação do Apêndice A. Constatou-se que o projeto, em seu detalhamento, atende os requisitos legais, porém, a NR-10 prescreve claramente o conteúdo mínimo do Memorial Descritivo. Sob este parâmetro, os documentos provenientes do Projeto Básico, ou seja, o Memorial e os Critérios de Projeto não continham todas as informações necessárias à boa execução do Detalhamento. Essa falha poderia ter resultado em um acidente mais grave e, felizmente, o mesmo não atingiu pessoas, causando apenas danos ao próprio equipamento.

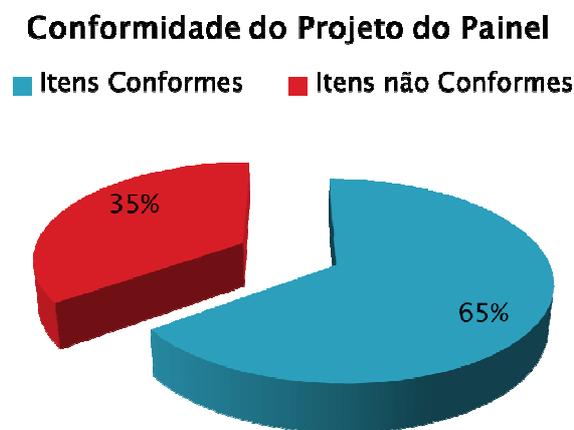
#### 4.2.3 Teste das hipóteses usando a Árvore dos Porquês

Após serem identificadas as não-conformidades na lista, comparou-se o resultado desta com as respostas da árvore dos porquês, eliminando-se aquelas que não estão relacionadas com as causas do acidente. Utilizando a metodologia apresentada na seção 3 deste trabalho, foram identificadas as causas intermediárias até esgotarem-se as possíveis causas, resultando no diagrama final que está na figura 13, da página 43.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1 DAS NÃO-CONFORMIDADES

A lista de verificação apontou para um percentual de 64% de conformidade do projeto com a NR-10 conforme o gráfico da figura 11 a seguir.



**FIGURA 11: Gráfico do percentual de conformidade do projeto**

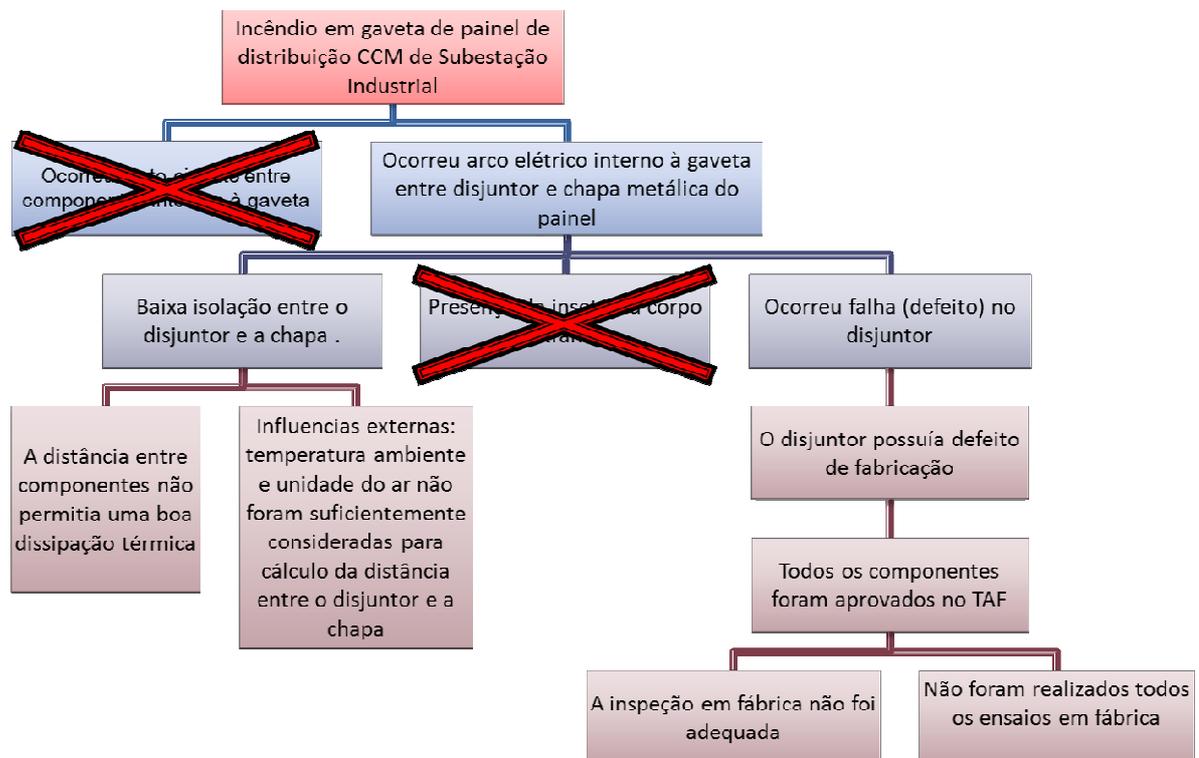
Fonte: Autoria própria.

Das não-conformidades identificadas, seis são respectivas à elaboração do Memorial Descritivo, apresentadas no Apêndice B. Durante a análise, verificou-se que a falta de informações explícitas nesse documento contribuiu para a ocorrência de erros de projeto, o que certamente elevou o custo do empreendimento devido a exigência de correções para adequá-lo aos Critérios de Projeto. Sendo este um documento de referência, o Memorial deveria explicitar quais de seus itens seriam aplicáveis para o empreendimento.

Além disso, por ser um documento constante do Prontuário de Instalações Elétricas, os requisitos mínimos da NR-10 obrigatoriamente estariam contidos no Memorial, o que de fato não ocorreu.

## 5.2 DOS RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO E DAS AÇÕES CORRETIVAS

O segundo resultado importante do presente trabalho foi a identificação das causas básicas. Incluindo-se as informações relevantes obtidas durante a etapa de levantamento documental, encontram-se os ramos intermediários da árvore, conforme a Figura 12 a seguir.



**FIGURA 12: Árvore dos Porquês parcial**

Fonte: Autoria própria.

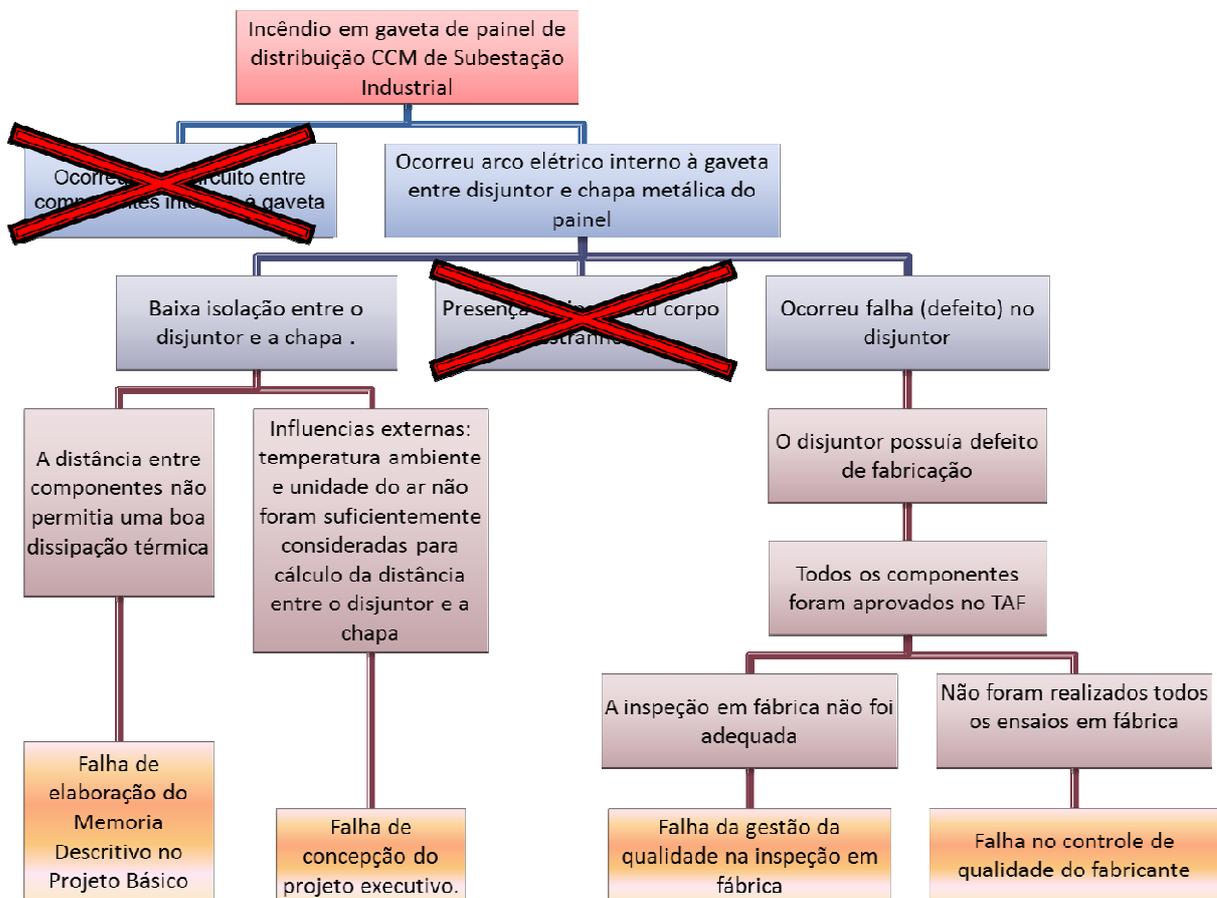
Partindo-se da última causa intermediária de cada ramo da árvore, comprovada pelos fatos e dados coletados, foram encontradas as seguintes causas-raiz:

- Falha no projeto básico: o Memorial Descritivo não possuía todas as informações necessárias.
- Falha no projeto executivo
- Falha de inspeção de qualidade do tomador dos serviços
- Falha no controle de qualidade do fabricante.

Para cada causa raiz encontrada, resultou pelo menos uma ação corretiva, a saber:

- Revisar o Memorial Descritivo das instalações para projetos futuros, adequando aos requisitos mínimos previstos na NR-10;
- Revisar e adequar o projeto do painel, a fim de corrigir a posição e espaçamento dos componentes, em função das influências externas;
- Reforçar a importância do TAF para os profissionais responsáveis pela inspeção em fábrica, utilizando este caso como aprendizado e;
- Adequar a gestão da qualidade do fabricante, de modo a garantir a execução de todos os ensaios.

Graficamente, os resultados da análise do acidente podem ser encontrados no diagrama final da árvore dos porquês, mostrado na Figura 13, a seguir.



**FIGURA 13: Diagrama final da Árvore dos Porquês do Estudo de Caso**

Fonte: Autoria própria.

### 5.3 DO EMPREGO DAS FERRAMENTAS DE TRABALHO

A utilização, tanto da lista de verificação quanto da árvore dos porquês, foi considerada satisfatória, haja vista que ambas proporcionaram a identificação das causas-raiz, provendo resultados convergentes.

A lista de verificação do projeto permitiu identificar pontos de fragilidade da documentação técnica que resultaram em características construtivas do painel e de seus componentes favoráveis à ocorrência do acidente, ao passo que a árvore dos porquês revelou outras falhas de gestão que contribuíram para o mesmo.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou a importância do atendimento aos requisitos normativos, desde a elaboração do projeto do equipamento, objetivando garantir a segurança e integridade física dos trabalhadores envolvidos em serviços com eletricidade, sobretudo os eletricitistas, que estão expostos aos riscos inerentes aos painéis elétricos. O estudo de caso serviu para comprovar a fundamental importância dos requisitos normativos na elaboração de projeto de equipamentos elétricos e a possível consequência de não segui-los integralmente.

No acidente em questão, não houve danos às pessoas, o que atenuou sua gravidade, porém não se pode ignorar os potenciais riscos aos trabalhadores, caso o sinistro tivesse ocorrido em circunstância que envolvesse pessoas.

Os resultados da aplicação da “lista de verificação” e da “árvore dos porquês” demonstraram sua eficácia na análise de acidentes, expondo um índice de 35% de não-conformidade do projeto. Além disso, metodologia da “Árvore dos Porquês” permitiu que fossem identificadas as causas do acidente e as ações corretivas para o estudo de caso, conforme apresentado na seção 5.2.

Devido à especificidade deste estudo para painéis, é recomendável proceder análise semelhante em outros projetos, servindo este de referência para futuras comparações.

Portanto, o objetivo inicialmente proposto foi atingido durante o desenvolvimento deste estudo e os resultados práticos foram apresentados como sugestão de melhorias futuras na empresa objeto de estudo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Idelberto Muniz de. **Análise de acidentes do trabalho como ferramenta auxiliar do trabalho de auditores fiscais do Ministério do Trabalho e Emprego: Contribuições para a definição de orientações sobre a análise de acidentes conduzida por auditores fiscais.** Brasil, MTE, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira nº 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro, 2004.

BRAGA, Newton C. **Como funciona o circuito elétrico.** Disponível em <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3213-art442>, acessado em 02/4/2013, 21:00

BRASIL (b), Ministério do Trabalho. **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.** Brasília, 2004.

CAMACHO, Carlos. **Subestações (SEs).** Disponível em: <http://www.camacho.eng.br>. Acesso em 05/03/2013, 12:00

COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual NR-10: Normas Técnicas Brasileiras Nbr Da Abnt.** Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br> >. Acesso em 08/04/2013, 20:20

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas.** 3.ed. São Paulo: Makron Books, 1992.

DANIEL, Eduardo. **Avaliação da conformidade de instalações elétricas de baixa tensão.** Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br> >, acesso em 07/03/2013, as 22:10.

ELYSEO, Carlos Alberto. **Interpretando a NR-10.** Disponível em: <http://www.forumdaseguranca.com/downloads/10.pdf>>, acesso em 19/3/2013 22:10

Fundação COGE. **Relatório de Estatísticas de Acidentes no Setor Elétrico Brasileiro.** Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [http://www.funcoge.org.br/csst/relat2010/html/fundacao\\_coge.html](http://www.funcoge.org.br/csst/relat2010/html/fundacao_coge.html)>. Acesso em 08/04/2013.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GRAZIANO, Nunziante. **Mitos e verdades sobre a NR-10 na fabricação de painéis elétricos de baixa e média tensão. 2011?** Disponível em: <[http://www.jornaldainstalacao.com.br/index.php?id\\_secao=2&pg=1](http://www.jornaldainstalacao.com.br/index.php?id_secao=2&pg=1)>. Acesso em 05/03/2013, 11:30.

JUNG, C. F. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento**: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

LIKER, Jeffrey K; RIBEIRO, Lene Belon. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Bookman. Porto Alegre, 2006.

MATA-LIMA, H. **Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade e Ambiente na Resolução de Problemas**. Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactes Ambientais. Universidade da Madeira. Portugal, 2007. Disponível em : <[http://cee.uma.pt/hlima/Ambiente&Sociedade/04SGA\\_TRABALHO\\_EQUIPA.pdf](http://cee.uma.pt/hlima/Ambiente&Sociedade/04SGA_TRABALHO_EQUIPA.pdf)>. Acesso em: 09/04/2013, 12:00.

PEREIRA, Allan Cascaes et al. **Sistemas de Proteção e Automação de Subestações de Distribuição e Industriais Usando a Norma IEC 61850**. XIII ERIAC - Décimo tercer encuentro Regional iberoamericano de cigré. Puerto Iguazú, Argentina, 2009.

QUEIROZ, Alan Rômulo Silva e SENGER, Eduardo César. **A natureza e os riscos do arco elétrico, EPIs e Proteção contra Arco Elétrico**. [S.l.]: v. 1, ed. 72, p. 46-51. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/fasciculos.html#catid72>>. Acesso em 21/3/2013, 21:30.

REVISTA O SETOR ELÉTRICO. **Em debate**: Quadros e painéis TTA / PTTA. Ed. 52. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/344-em-debate-quadros-e-paineis-tta-ptta.html>>. Acesso em 21/03/2013, 21:00.

SAMPAIO, Raimundo F.; BARROSO, Giovanni C.; LEÃO, Ruth P. S. **Método de implementação de Sistema de Diagnóstico de Falta para subestações baseado em Redes de Petri**. SBAControl e Automação. São José dos Campos, v.16, n. 4, p. 417-426, dez. 2005.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Curso básico de segurança em instalações e serviços em eletricidade:** riscos elétricos. SENAI DN. Brasília, 2005.

SOUZA, José Rubens Alves de; MORENO, Hilton. **Guia EM da NBR 5410.** Eletricidade Moderna. São Paulo, 2001

## APÊNDICE A – Lista de verificação de conformidades do projeto

TAG do painel: \_\_\_\_\_

Localização: \_\_\_\_\_

Item	Descrição	Sim	Não
1	Os circuitos possuem dispositivos de desligamento (disjuntor, relé)? 10.3.1		
2	Os dispositivo de de desligamento possuem recursos para impedimento de reenergização, para sinalização de advertência com indicação da condição de operação? 10.3.1		
3	O projeto previu a instalação de dispositivo de seccionamento de ação simultânea, que permita a aplicação de impedimento de reenergização do circuito? 10.3.2		
4	O projeto previu a instalação de dispositivo de seccionamento de ação simultânea, que permita a aplicação de impedimento de reenergização do circuito? 10.3.2		
5	O projeto considerou o espaço seguro, quanto ao dimensionamento e a localização dos componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção? 10.3.3		
6	Os circuitos elétricos estão separados e devidamente identificados quanto à sua finalidade, como: comunicação, sinalização, controle e elétrica? 10.3.3.1		
7	Caso dois ou mais circuitos compartilhem um mesmo espaço, foram respeitadas as definições de projeto? 10.3.3.1		
8	Há definição do projeto quanto à configuração do esquema de aterramento? 10.3.4		
9	Há definição de projeto quanto à obrigatoriedade ou não da interligação entre o condutor neutro e o de proteção? 10.3.4		
10	O projeto define o aterramento das partes condutoras não destinadas à condução de corrente elétrica? 10.3.4		
11	O projeto contempla dispositivos de seccionamento que incorporem recursos fixos de equipotencialização e aterramento do circuito seccionado? 10.3.5		
12	O projeto previu condições para a adoção de aterramento temporário? 10.3.6		
13	O Memorial Descritivo do projeto especifica as características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais? 10.3.9 <sup>a</sup>		
14	Está prevista a indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos: (Verde – “D”, desligado e Vermelho – “L”, ligado); 10.3.9b		
15	O Memorial Descritivo especifica a descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de intertravamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações? 10.3.9c		
16	O Memorial Descritivo traz recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações? 10.3.9d		
17	O Memorial Descritivo recomenda precauções contra as influências externas? 10.3.9e		
18	O Memorial Descritivo contém o princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas? 10.3.9f		
19	O Memorial Descritivo contém a descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica? 10.3.9g		
20	O projeto contempla condições que proporcionem iluminação e posição adequados ao trabalhador, de acordo com a NR-17 - Ergonomia? 10.3.10		

## APÊNDICE B – não-conformidades encontradas no projeto do painel.

Item	Observação	Ação Corretiva
4	Para as gavetas de maior potência, a distância entre componentes e dos componentes às chapas metálicas das colunas eram insuficientes, dificultando a manutenção dos mesmos e ocasionando maior aquecimento dos mesmos	Alterar a distribuição e posição dos componentes nas gavetas, de modo que os componentes mais críticos fiquem mais afastados das partes condutoras.
	Não foi considerado como influência externa o efeito térmico, devido à temperatura ambiente, favorecendo a ionização do ar e o arco elétrico.	
12	O MD não traz essas informações	"Critérios de Projeto" é um documento complementar. Incluir essas informações no MD.
14	Essa descrição se encontra nos Critérios de projeto	"Critérios de Projeto" é um documento complementar. Incluir essas informações no MD.
15	Essa descrição se encontra nos Critérios de projeto	"Critérios de Projeto" é um documento complementar. Incluir essas informações no MD.
16	Essa descrição se encontra nos Critérios de projeto	"Critérios de Projeto" é um documento complementar. Incluir essas informações no MD.
17	Essa descrição se encontra nos Critérios de projeto	"Critérios de Projeto" é um documento complementar. Incluir essas informações no MD.
18	Essa descrição se encontra nos Critérios de projeto	"Critérios de Projeto" é um documento complementar. Incluir essas informações no MD.

## **ANEXO A – Catálogo do Painel Siplux**

## SIPLUX - Painel de distribuição

You are here: > Home > Industry > Building Technologies > Produtos de baixa tensão > Distribuição de energia > Painéis de baixa tensão > Painéis SIPLUX

### SIPLUX - Painel de Distribuição e Centro de Controle de Motores para aplicações industriais em baixa tensão.

>

É uma prova da grande capacidade de desenvolvimento de tecnologias da Siemens no Brasil. A qualidade e a segurança nunca estiveram tão presentes em um painel de baixa tensão.



A solução SIPLUX para CCMs inteligentes tem grandes influências e vantagens para o aumento da produtividade, disponibilidade da planta, e pela grande quantidade de informações disponibilizadas o que possibilita a manutenção preventiva real. O CCM inteligente com SIMOCODE Pro é a solução SIPLUX para as instalações com grandes responsabilidades.

SIPLUX é um painel com ensaios de tipo totalmente testados (TTA) e em conformidade com as mais altas exigências da Norma Regulamentadora NR10, oferecendo uma operação e manutenção 100% seguras.

A nova Gaveta Extraível S2 permite a conexão/desconexão da gaveta com a porta fechada, mantendo o grau de proteção IP54 e evitando a movimentação dos cabo internos, garantindo assim uma operação livre de manutenção por muito mais tempo.



#### Especificações Técnicas

Tensão de isolamento: 1000 VCA  
 Tensão de operação: 480 VCA (TTA) ou até 800 VCA (PTTA)  
 Temperatura ambiente: 40°C  
 Grau de proteção: até IP54  
 Corrente de curto-circuito: até 80 kA (TTA) - ICW 1s  
 Compartimentação: até 4B (QDF e CCM)  
 Tensão de impulso: até 12 kV  
 Barramento principal: 4000 A (ensaiado)  
 Preparado para conceito de "CCM inteligente"  
 Estrutura: Chaparia de 12 USG (2,65 mm)  
 Fechamento (portas, tampas e teto): Chaparia de 14 USG (1,96 mm), vedação em Neoprene expandido.  
 Pintura a pó: Padrão mínimo de 80 micromilímetros  
 Chapa zincada: Nas chapas de montagens, colunas e travessas auxiliares.

#### Dimensões:

- Altura = 2200 mm (2300 mm com base adicional)
- Profundidade: 600, 800, 1000 e 1200 mm
- Largura: 600, 800 e 1000 mm

#### Compartimentos extraíveis:

- Tamanho 2M - Altura 160 mm
- Tamanho 3M - Altura 240 mm
- Tamanho 4M - Altura 320 mm
- Tamanho 5M - Altura 400 mm

**Arquivos relacionados**

> Catálogo SIPLUX

© Siemens AG 1996-2013

**ANEXO B – Relatório de inspeção de equipamento**

## Dados fornecidos pelo consórcio Technip Montcalm



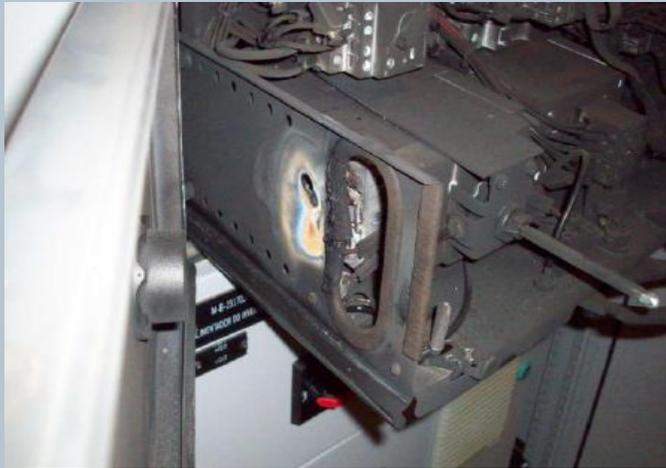
- Energização em 23/01/2012.
- Ensaio de isolamento realizados no painel e nas gavetas (inclusive a gaveta objeto do sinistro) anteriormente à energização. Vide relatórios RMTFG-20/2011 e RMTFG-13/2011.
- Inspeção visual realizada em **03/02/2012** e nada foi observado na ocasião.
- Visualização de fuligem externa em **07/02/2012**.

## Dados coletados em campo pela equipe SIEMENS



- ❑ Clara constatação da ocorrência de uma falta entre o componente (Disjuntor modelo 3RV) e a chapa metálica lateral da gaveta.
- ❑ A falta permaneceu confinada à gaveta correspondente e foi rapidamente extinta. O que pode ser comprovado pelo estado praticamente intacto da borracha presente na abertura para manuseio e pelos componentes plásticos adjacentes.
- ❑ Clara demonstração da atuação do Sensor de Detecção da Arco que equipa o painel. Responsável pelo desligamento na presença da luz proveniente de um arco que é detectada por fibra óptica.

# Análise



- Ficou comprovada, por meio de ensaios realizados na liberação e na energização, que a isolamento em todas as gavetas era satisfatória. Demonstrando que provavelmente não se trata de uma falha no projeto.
- Existem outras possibilidades que podem ser consideradas:
  - Presença de corpos estranhos.
  - Presença de animais.
  - Defeito no componente específico (disjuntor).
- Para um posicionamento, a SIEMENS solicita o envio dos componentes sinistrados (gaveta completa) para análise em seu laboratório.

## **Plano de ação**

### **Ações dependentes do retorno dos itens à SIEMENS:**

- 1. Substituição integral da gaveta objeto do sinistro (C2.3 do painel PN-26129).**
- 2. Encaminhamento para análise das gavetas idênticas ao objeto do sinistro (C1.4 e C3.5 do painel PN-26128 e C1.4 do painel PN-26129).**
- 3. Encaminhamento para substituição de componentes das gavetas adjacentes ao objeto do sinistro, atingidas pela fuligem (C2.2 e C2.4 do painel PN-26129).**

## **Plano de ação**

**Ações à serem executadas em campo por equipe à ser designada pela SIEMENS:**

**Substituição dos itens a seguir:**

- **Bandejas adjacentes (superior e inferior) ao compartimento C2.3**
- **Canaleta do canal de cabos (A:50 X L:80 X C:2000mm)**
- **Proteção do barramento vertical com a guilhotina do compartimento C2.3**
- **Garras de potência de saída do compartimento C2.3**
- **Tomadas de comando e respectivos suportes do compartimento C2.3**

**Limpeza geral da fuligem.**

# **Plano de ação**

**Ações à serem executadas em campo pelo consórcio:**

**Teste de isolamento no circuito de força e comando:**

- **Painéis PN-26128 e PN-26129**
- **Gavetas enviadas à SIEMENS em seu retorno a campo**

## **Observações**

- 1. O painel PN-26128 pode ser energizado para continuidade dos trabalhos sem a presença das gavetas C1.4 e C 3.5.**
- 2. O painel PN-26129 pode ser energizado para continuidade dos trabalhos sem a presença das gavetas C2.2, C2.3, C2.4 e C1.4. Mas somente após o término dos trabalhos em campo de limpeza e reparo do conjunto.**