

ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS TOTALMENTE TESTADOS (TTA/PTTA) NO SETOR ELÉTRICO INDUSTRIAL E EMPRESARIAL

CASE STUDY FOR DEPLOYMENT OF ELECTRIC PANELS FULLY TESTED (TTA / PTTA) INDUSTRIAL ELECTRIC INDUSTRY AND BUSINESS

GUSTAVO MARCELINO GERALDI. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Elétrica do UNINGÁ Centro Universitário Ingá-Uningá.

NÁGILA RIBEIRO DE MENEZES. Mestranda em Engenharia Elétrica na USP - Universidade de São Paulo e professora da UNINGÁ - Centro Universitário Ingá.

JOÃO HENRIQUE DANTAS. Professor Doutor da UNINGÁ - Centro Universitário Ingá.

Rua Guaporé, 151, Parque Industrial II, Paçandu- Paraná, Brasil. CEP: 87140-000. marcelinus@live.com

RESUMO

Os painéis elétricos de baixa tensão são essenciais para a distribuição e proteção dos circuitos elétricos, seja nas indústrias ou nas residências. Sabendo dos perigos que a energia elétrica pode causar, deve-se adotar medidas de segurança para que a energia chegue corretamente ao seu destino. Uma simples falha, como curto circuito interno ao painel elétrico, pode ocasionar sérios prejuízos nas instalações elétricas ou até mesmo acidentes graves como levar à morte pessoas que estão direta ou indiretamente expostas aos painéis. Devido ao aumento, a cada ano, do absenteísmo nas empresas e indústrias por motivos de acidentes de origem elétrica, esse artigo visa identificar os locais onde os acidentes ocorrem, o impacto econômico que os acidentes geram e adotar medidas de segurança que possam minimizá-los. A proposta deste estudo para reduzir os acidentes é utilização dos painéis elétricos de baixa tensão que segue as normas NBR IEC 60439-1/3 também conhecidos como painéis do tipo TTA/PPTA.

Palavras-chave: Painéis elétricos. Acidentes elétricos. NBR IEC 60.439-1/3.

ABSTRACT

The low-voltage electrical panels are essential for the distribution and protection of electrical circuits, in industry or residence. In these environments security measures should be adopted to guarantee the full operation of electrical equipment. A single failure such as internal short circuit in the electrical panel, can cause serious damage to electrical installations or even serious accidents as death people who are directly or indirectly exposed to the panels installation. Due to increased absenteeism in companies and industries for reasons of electrical accidents, this article aims to identify the places where these accidents occur, the economic impact that these accidents generate and to adopt security measures

that can minimize these accidents. And the purpose of this study to reduce accidents is the use of low-voltage electrical panels that follow the standards IEC 60439-1/3. This panels are also known as TTA / PPTA type panels.

Keywords: Electrical panels, electrical accidents, IEC 3.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é, sem dúvida, um dos bens mais essenciais que podemos dispor. Seu consumo tornou-se indispensável ao longo do tempo por suprir as necessidades do dia a dia, tanto nas utilidades domésticas como em comércios e indústrias. Facilmente transportada dos locais de geração para os de consumo, a energia elétrica é convertida de forma simples em outros tipos de energia, como térmica, mecânica e luminosa. Porém, ao mesmo tempo em que é largamente empregada, a eletricidade é perigosa e demanda cuidados especiais para que chegue ao seu destino com total segurança, qualidade e eficiência (SANTOS, 2012).

A Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL, 2016) é uma organização que levanta dados sobre acidentes de origem elétrica. Em 2014, o Brasil teve um aumento de 17,7% no número de acidentes elétricos, comparado ao ano de 2013. Em casos de fatalidade em relação ao choque elétrico, esse percentual subiu mais de 6%, ou seja, um aumento de 592 para 627 casos fatais. A Figura 1 mostra o número de vítimas relacionado a choques elétricos fatais em locais que direta ou indiretamente estão relacionados aos painéis elétricos.

Este levantamento preconiza locais como indústrias de pequeno, médio e grande porte, subestações, residências, empresa pública, redes de aéreas de distribuição, escolas e comércios, pois são os locais em que painéis tem aplicação quase essencial. Os demais setores que não estão relacionados diretamente a acidentes que envolvem a utilização de painéis elétricos, são lugares como sítios, regiões litorâneas, redes aéreas de transmissão e distribuição, área rural aos quais o uso de um painel é mais restrito, pela simplicidade das instalações elétricas (BIUDES, 2015).

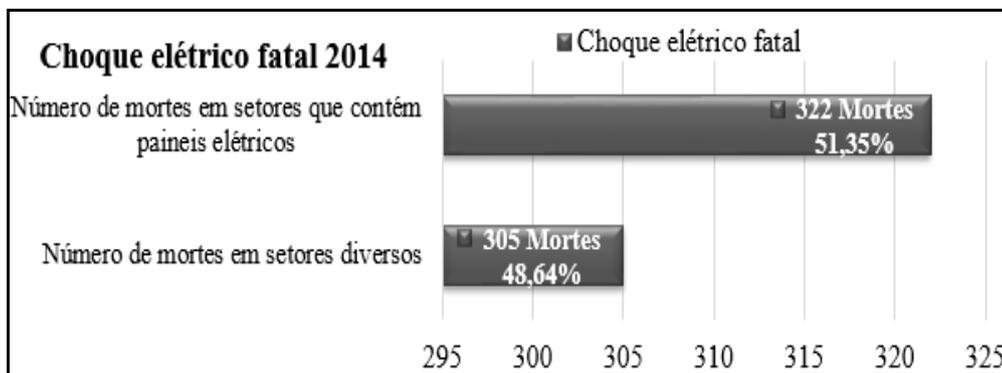


Figura 1 - Choque elétrico fatal 2014 diretamente relacionados a painéis elétricos
 Fonte: Abracopel (2016)

A faixa etária suscetível a acidentes está entre os 21 e 40 anos, com 325 mortes. Vale lembrar que essa é a faixa correspondente à população economicamente ativa da sociedade, assim, o absenteísmo causado por estes acidentes gera um impacto muito forte na economia, segundo a FUNCOGE (2014), tema disponível em seu site com dados do ano de 2013. Os acidentes de trabalho típicos com afastamento acarretam custos diretos (remuneração do empregado durante seu afastamento) e indiretos que envolvem desde custo de reparo e reposição de material, custo de assistência ao acidentado, interrupção de fornecimento de energia elétrica, prejuízos ao setor de energia elétrica, da ordem de centenas de milhões de reais.

Para ter-se uma referência do custo desse impacto na sociedade, as horas perdidas em 2013 com acidentes de trabalho equivalem ao total de horas trabalhadas durante um ano de uma empresa do porte da CEPEL ou da ENER-GISA MINAS GERAIS, por exemplo. Na

Figura 2 foi mostrado o custo dos acidentes de trabalho em função do ano (FUNCOGE, 2014).

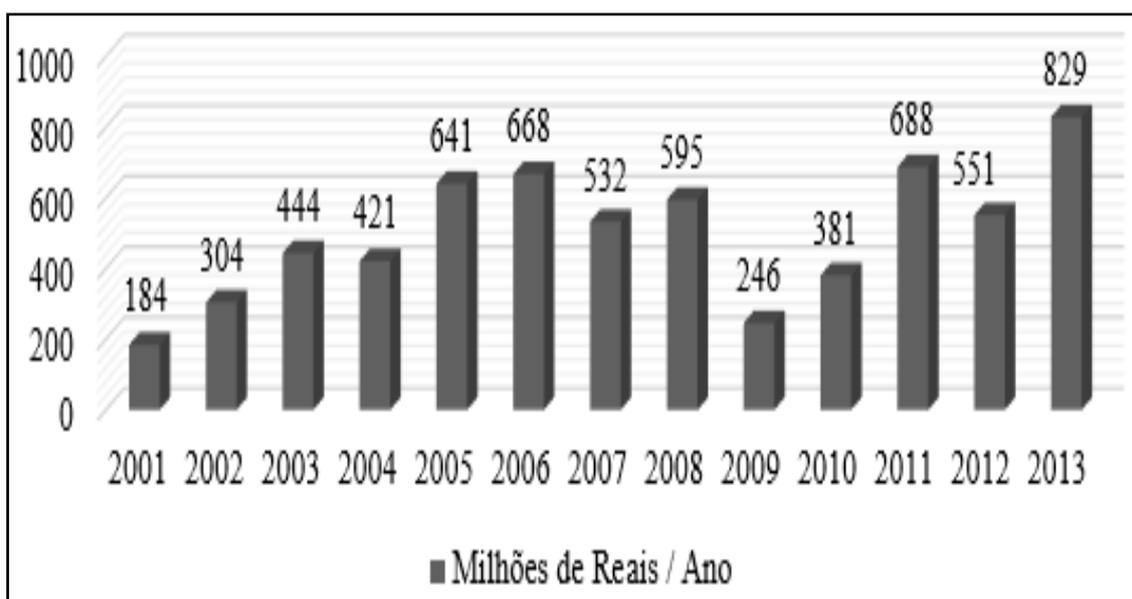


Figura 2 - Custo estimado dos acidentes de trabalho em milhões de reais
Fonte: FUNCOGE (2014)

Um dos meios encontrados para minimizar os acidentes de origem elétrica em locais de trabalho ou onde exista fluxo de pessoas ao redor, é a utilização de painéis elétricos de baixa tensão com certificação TTA/PTTA seguindo as normas NBR IEC 60.439-1/3 (ABNT, 2003). Para mostrar os benefícios ao uso desse tipo específico de painéis será realizada, nesse trabalho, uma análise em relação a custos, tempo de montagem, dentre outros fatores mostrando os benefícios dos painéis testados em função dos painéis de uso comuns.

Os painéis elétricos de baixa tensão são estruturas que recebem energia elétrica através de uma ou mais fontes e tem o objetivo principal de proteger a instalação elétrica e distribuir para circuitos parciais menores. Além de possuir

funções como unir ou separar as partes integrantes do sistema elétrico, permite realizar manobras de seccionamento, comando de aparelhagem externa, medição de grandezas e proteção de todos os componentes integrantes do painel. Além disso, ainda deve também conter dispositivos de proteção para cada um dos circuitos parciais, os quais são interligados por cabos e barramentos (NUNES; BARBANTI; PLTL, 2013).

Os painéis elétricos devem seguir as normas e também os regulamentos que estão em vigor para eliminar possíveis prejuízos aos equipamentos e a segurança das pessoas que direta ou indiretamente interagem com os mesmos. As normas e regulamentos que estão relacionados à proteção dos painéis são NBR 5410, NBR IEC 60.439-1 e NR10 (KAWASAKA, 2012).

A NBR 5410 (ABNT, 2008) estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações de baixa tensão. Sua principal função é garantir a segurança de pessoas e animais e o funcionamento adequado das Instalações. As Normas Regulamentadoras (NR), relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas, públicas e pelos órgãos da administração direta ou indireta e órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT. O não cumprimento das disposições legais e regulamentares sobre segurança e medicina do trabalho acarreta ao empregador a aplicação das penalidades previstas na legislação pertinente (TEM, 2004).

A NBR IEC 60.439-1 (WEG, 2010) é uma norma técnica de origem europeia destinada a garantir o desempenho e a segurança de operação dos painéis elétricos de baixa tensão (conceito TTA/PPTA). Essa norma foi publicada em 15/03/2003, substituindo a antiga NBR 6808 que deixou de vigorar (MAMEDE FILHO, 2013).

A sigla NBR da norma refere-se às normas aceitas somente no território Brasileiro, já a sigla IEC refere-se às normas internacionais aceitas em qualquer parte do mundo, ou seja, a norma NBR IEC 60.439 é uma norma brasileira e internacional, e é aplicada em três partes relacionadas a painéis elétricos de baixa tensão:

- NBR IEC 60.439-1: Conjunto com ensaios de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaios de tipo parcialmente testados (PTTA);
- NBR IEC 60.439-2: Requisitos particulares para linhas elétricas pré-fabricadas (sistemas de barramentos blindados);
- NBR IEC 60.439-3: Requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão destinados a instalações em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização – quadros de distribuição.

2 DIFERENÇA ENTRE PAINÉIS TTA E PTTA

Os painéis elétricos são classificados como TTA (*Type Tested Assembly*) quando obtiverem sucesso em todos os ensaios realizados de acordo com a norma NBR IEC 60.439-1/3. Sendo assim, painéis TTA são conjuntos construídos de acordo com um projeto elétrico e mecânico padrão. Seu desempenho foi

assegurado por ensaios em laboratório, individualmente nos diversos componentes que o compõem. Dentre os componentes testados estão os barramentos, alimentadores, partidas, estrutura mecânica, isoladores e dentre outros (MAMEDE FILHO, 2013).

Os painéis elétricos são classificados como PTTA (*Partially Tested Assembly*) quando obtiverem sucesso nas partes submetidas aos ensaios realizados de acordo com a NBR IEC 60.439-1/3, também conhecido como painel parcialmente testado. Estes painéis são construídos de acordo com um projeto elétrico e mecânico e seu desempenho é garantido por meio de cálculos ou testes realizados nos componentes individualmente.

Caso seja realizada alguma mudança no modo construtivo ou adequação necessária ao painel, ele ainda, teoricamente, deve satisfazer os ensaios realizados no ensaio TTA. As características de painéis PTTA têm origem na dificuldade de definição de sua utilização, pois, na maioria das vezes, o painel TTA necessita sofrer algumas adequações e instalação de novos componentes que não foram testados em laboratório para sua determinada aplicação. Assim os cálculos suplementam a necessidade de testes de segurança e asseguraram que o painel não perca suas características de um painel TTA (MAMEDE FILHO, 2013).

3 ENSAIOS DE TIPO E ROTINA

Os ensaios de tipo são realizados em laboratórios e destinam-se a verificar se determinado tipo ou modelo de painéis elétricos tem a capacidade de funcionar satisfatoriamente em condições especificadas pelas normas. Quando um painel é submetido aos ensaios de tipo, as partes ensaiadas podem sofrer danos que venham comprometer a utilização do painel. Na maioria das vezes, o teste é destrutivo, o seu uso somente deve ocorrer se houver um acordo entre o fabricante e o usuário (MAMEDE FILHO, 2013).

Adicionalmente aos ensaios de tipo, os painéis recebem ainda testes de rotina. Esses são realizados após a montagem e destinados a detectar falhas em materiais e na fabricação. Por não serem destrutivos e ter certa segurança associada, podem ser acompanhados pelo cliente que adquiriu o produto. Normalmente, esses ensaios são realizados pelo fabricante e/ou solicitados pelo comprador. A norma NBRIEC 60439-1 estabelece que os seguintes ensaios de rotina sejam realizados (MAMEDE FILHO, 2013).

As verificações e ensaios a serem realizados em TTA e PTTA estão listados no Quadro 1 (NBR IEC 60439-1:2003 – Tabela 7) (WEG, 2010).

Nº	Características a Serem conferidas	Subseções	TTA	PTTA
1	Limites de elevação de temperatura	8.2.1	Verificação dos limites de elevação de temperatura por ensaio (ensaio de tipo)	Verificação dos limites de elevação da temperatura por ensaio ou extrapolação
2	Propriedades dielétricas	8.2.2	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio, de acordo com 8.2.2 ou 8.3.2, ou verificação de resistência de isolamento, de acordo com 8.3.4 (ver nº 9 e 11)
3	Corrente Suportável de curto-circuito	8.2.3	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio (ensaio de tipo)	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio ou por extrapolação de arranjos típicos ensaiados de forma similar.
4	Eficácia do circuito de proteção	8.2.4		
	Conexão eficaz entre as partes condutoras do CONJUNTO e o circuito de proteção	8.2.4.1	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras do CONJUNTO e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência (ensaio de tipo)	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras expostas do CONJUNTO e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência
	Corrente Suportável de curto-circuito do circuito de proteção	8.2.4.2	Verificação da corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção por ensaio (ensaio de tipo)	Verificação da corrente suportável de curto circuito do circuito de proteção por ensaio ou projeto apropriado e arranjo do condutor de proteção (ver 7.4.3.1.1, último parágrafo)
5	Distância de isolamento e escoamento	8.2.5	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento (ensaio de tipo)	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento
6	Funcionamento mecânico	8.2.6	Verificação do funcionamento mecânico (ensaio de tipo)	Verificação do funcionamento mecânico
7	Grau de proteção	8.2.7	Verificação do grau de proteção (ensaio de tipo)	Verificação do grau de proteção
8	Conexões dos condutores, funcionamento elétrico	8.3.1	Inspeção do CONJUNTO inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário ensaio de funcionamento elétrico (ensaio de rotina)	Inspeção do CONJUNTO inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico
9	Isolação	8.3.2	Ensaio dielétrico (ensaio de rotina)	Ensaio dielétrico ou verificação da resistência de isolamento de acordo com 8.3.4 (ver nº 2 e 11)
10	Medidas de Proteção	8.3.3	Verificação das medidas de proteção e da continuidade elétrica dos circuitos de proteção (ensaio de rotina)	Verificação das Medidas de Proteção
11	Resistência de Isolação	8.3.4		Verificação da resistência de isolamento salvo os ensaios de acordo com 8.2.2 ou 8.3.2 tenha sido realizado (ver nos 2 e 9)

Quadro 1 - Ensaio de tipo e Rotina NBR-60439-1:2003 - Tabela de verificações e ensaios de Tipo e Rotina segundo recomendações da norma NBR IEC 60.439-1/3
 Fonte: NBR IEC 60439-1:2003.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre painéis de distribuição em manuais específicos como livros, catálogos e artigos científicos especializados e de acordo com normas regulamentadoras de engenharia e segurança do trabalho, com foco principal na NBR IEC 60439-1/3. Essa norma atende, além dos requisitos básicos exigidos pela NR10, também normas referentes à segurança e operação em instalações elétricas em baixa tensão. Este trabalho tem o objetivo de agregar, sintetizar e discutir conteúdo referencial e confiável aos fabricantes, usuários e consumidores de painéis elétricos de baixa tensão. Também é

uma proposta minimizar os acidentes de origem elétrica causados por falta de informação ou descumprimento das normas de segurança relacionadas às instalações elétricas de baixa tensão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar serviços que envolvam eletricidade, as pessoas estão expostas a diversos riscos de acidentes que podem levar à morte. Os riscos de acidente aos quais os mesmos estão expostos são consequências diretas da falta de proteção principalmente quanto a choques elétricos ou arco elétrico, ou ainda por acidentes indiretos como incêndios, explosões e queimaduras. Tais acidentes podem ser evitados aplicando corretamente o uso das normas de segurança vigentes que regem sobre os painéis elétricos de baixa tensão, como é o caso dos painéis TTA/PTTA. Tais painéis possuem uma sequência de exigências de parâmetros e ensaios de tipo e rotina que são capazes de absorver tais problemas.

Os acidentes elétricos estão em todos os lugares desde indústrias de pequeno, médio e grande porte, e subestações como também nas residências, empresa pública e privadas, redes aéreas de distribuição e escolas. Nesses locais onde há fluxo de pessoas não habilitadas e leigas quanto a periculosidade, os painéis TTA/PTTA deveriam ser regra e não a exceção. No caso das residências, a causa dos maiores acidentes está no acionamento de disjuntores desarmados por algum curto circuito interno. Na maioria das vezes, o curto ainda está presente e não foi identificado. Assim, a pessoa quando rearma o sistema elétrico pode dissipar um arco elétrico sobre a pessoa que manipula o disjuntor e causar queimaduras graves ou até mesmo a morte.

A precariedade dos painéis elétricos é o principal fator dos acidentes, principalmente os painéis mais antigos que não possuem as mínimas proteções adequadas para manobras de disjuntor. Da mesma forma os painéis elétricos mais novos que estão disponíveis no mercado seguem normas regulamentadoras que deixam de exigir ensaios laboratoriais que venham a comprovar a eficácia do conjunto por completo. Esta falta de exigência tende a reduzir a qualidade de painéis disponíveis, pois o fabricante, para se manter competitivo no mercado, buscará cada vez mais materiais com menor qualidade para a produção dos seus painéis.

Exemplos de materiais que podem reduzir o custo são chapas metálicas mais finas, barramentos mal dimensionados, distâncias de isolamentos ineficientes e escoamento não verificadas, ausência de sinalizações e proteções necessárias, disjuntores sem fixação adequadas, falta de ventilação entre outros. Qualquer curto circuito que, por ventura, possa ocorrer em um painel elétrico que não foi testado se compara a uma bomba relógio prestes a explodir que acarretará sérios problemas para a empresa. Dentre os problemas mais comuns estão a parada de produção e perda de bens materiais ou problemas ainda mais sérios como as mortes de pessoas e prejuízos impostos pelo Ministério do Trabalho.

No caso de empresas, a principal punição imposta pelo MTE é a multa. No caso de risco iminente de lesões ou adoecimento grave, o MTE em vistoria pode embargar o estabelecimento ou interditar máquinas e equipamentos, paralisando

as atividades até que a situação seja adequada. Segundo a NR10, é de responsabilidade dos contratantes manter os trabalhadores informados sobre os riscos a que estão expostos, instruindo-os quanto aos procedimentos e medidas de controle a serem adotados contra os riscos elétricos. O uso de painéis TTA/PTTA reduz essa periculosidade e assim minimiza riscos tanto aos funcionários quanto para as empresas, reduzindo também possíveis prejuízos judiciais.

Com relação às vantagens dos painéis TTA/PTTA, o custo de mão de obra para a montagem é menor se comparado aos convencionais. Isso é possível porque todos os componentes necessários para montagem do painel já são adquiridos prontos e ensaiados vindos de fábrica, como é o caso dos barramentos, isoladores, dentre outros. O tempo de montagem é 3 vezes menor em comparação com os painéis convencionais, pois nos painéis convencionais todos os itens devem ser produzidos de forma manual de acordo com as dimensões do painel escolhido para a montagem. Com relação a funcionalidade dos painéis elétricos, ambos os tipos realizam a mesma função, a diferença está no método de montagem de cada painel, na qualidade e aparência do painel finalizado, que no caso dos TTA/PTTA é muito superior aos convencionais.

A Figura 3 mostra um painel TTA comum que alimentará o sistema de ar condicionado de uma agência bancária. É possível identificar todas as conexões isoladas, cabos identificados por cores entre as fases e totalmente protegidos contra qualquer contato entre as partes vivas do painel. Já a Figura 4 mostra um painel convencional para a mesma aplicação. Os disjuntores são ligados diretamente nos barramentos metálicos, as manobras nos disjuntores são desprotegidas e, mesmo seguindo todas as normas de segurança, esses painéis, juntamente com seus componentes, não passaram por ensaios laboratoriais que possam comprovar sua eficácia diante de falhas, ou seja, em um painel convencional não temos como prever a segurança, sua eficácia será provada quando alguma falha ocorrer.



Figura 3 - Montagem de um painel elétrico do tipo TTA/PTTA.
Fonte: <http://www.2rc.com.br>

Nº	Características a Serem conferidas	Subseções	TTA	PTTA
1	Limites de elevação de temperatura	8.2.1	Verificação dos limites de elevação de temperatura por ensaio (ensaio de tipo)	Verificação dos limites de elevação de temperatura por ensaio ou extrapolação
2	Propriedades dielétricas	8.2.2	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio, de acordo com 8.2.2 ou 8.3.2, ou verificação de resistência de isolamento, de acordo com 8.3.4 (ver nº 9 e 11)
3	Corrente Suportável de curto-circuito	8.2.3	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio (ensaio de tipo)	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio ou por extrapolação de arranjos típicos ensaiados de forma similar.
4	Eficácia do circuito de proteção	8.2.4		
	Conexão eficaz entre as partes condutoras do CONJUNTO e o circuito de proteção	8.2.4.1	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras do CONJUNTO e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência (ensaio de tipo)	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras expostas do CONJUNTO e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência
	Corrente Suportável de curto-circuito do circuito de proteção	8.2.4.2	Verificação da corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção por ensaio (ensaio de tipo)	Verificação da corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção por ensaio ou projeto apropriado e arranjo do condutor de proteção (ver 7.4.3.1.1, último parágrafo)
5	Distância de isolamento e escoamento	8.2.5	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento (ensaio de tipo)	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento
6	Funcionamento mecânico	8.2.6	Verificação do funcionamento mecânico (ensaio de tipo)	Verificação do funcionamento mecânico
7	Grau de proteção	8.2.7	Verificação do grau de proteção (ensaio de tipo)	Verificação do grau de proteção
8	Conexões dos condutores, funcionamento elétrico	8.3.1	Inspeção do CONJUNTO inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário ensaio de funcionamento elétrico (ensaio de rotina)	Inspeção do CONJUNTO inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico
9	Isolação	8.3.2	Ensaio dielétrico (ensaio de rotina)	Ensaio dielétrico ou verificação da resistência de isolação de acordo com 8.3.4 (ver nº 2 e 11)
10	Medidas de Proteção	8.3.3	Verificação das medidas de proteção e da continuidade elétrica dos circuitos de proteção (ensaio de rotina)	Verificação das Medidas de Proteção
11	Resistência de Isolação	8.3.4		Verificação da resistência de isolação salvo os ensaios de acordo com 8.2.2 ou 8.3.2 tenha sido realizado (ver nos 2 e 9)

Quadro 2 - Custo médio de um Painel (QDAC-1) convencional
Fonte: WEG (2010b)

Com base em tabelas de preços atualizadas em junho de 2016, realizou-se um orçamento para verificar o custo médio de um painel do tipo TTA/PTTA,

Tabela 3, comparados aos painéis convencionais Tabela 2. O orçamento consiste em dois painéis, sendo um convencional e o outro TTA/PTTA contemplando os mesmos materiais, porém, montados em quadros diferentes. O painel orçado tem a capacidade de alimentação e acionamento de ar-condicionado de uma empresa de porte grande.



Figura 4 - Montagem de um painel elétrico do tipo Convencional
Fonte: <http://www.2rc.com.br>

Verificou-se que o custo de um painel TTA/PTTA é aproximadamente 20% superior aos painéis convencionais. Isso se dá ao fato dos ensaios de tipo realizados em laboratórios serem extremamente caros, e de certa forma, acarretam ao preço final do produto um valor um tanto mais elevado. Esses custos, no entanto, tendem a ser diluídos em projetos maiores, visto que esses costumam não variar muito em relação ao tamanho da instalação. Ainda como vantagem, há a modularidade dos painéis TTA/PTTA, que permitem expansões sem a necessidade de adaptações de montagem. Este painel pode ser montado por integradores (devidamente treinados e credenciados), sem comprometer as exigências técnicas da norma.

Desta forma, o cliente, ao adquirir um painel de baixa tensão do tipo TTA/PTTA, terá a certeza que estará recebendo uma solução com a mais alta tecnologia existente no mercado e mundialmente aprovado quanto à segurança. Os painéis TTA/PTTA possuem, ainda, garantias de segurança dos seus montadores credenciados pelo fabricante o que significa que qualquer erro de montagem ou falha técnica do produto será de responsabilidade do montador do painel.

QTD	DESCRIÇÃO PARA CLIENTE	MARCA	LISTA	IPI %	FM	VENDA TOTAL	CUSTO TOTAL
01	Caixa de montagem 1200x800x250mm	Opção	R\$ 329,53	15%	1,030	R\$ 585,49	R\$ 390,33
04	Barramento de alimentação + terra e neutro 255a	Cobre k	R\$ 26,91	5%	1,030	R\$ 174,62	R\$ 116,41
09	Barramento de distribuição 73a	Cobre k	R\$ 8,07	5%	1,030	R\$ 117,82	R\$ 78,55
01	Disjuntor caixa moldada 150a	Weg	R\$ 677,23	10%	0,231	R\$ 258,63	R\$ 172,42
01	Bobina de disparo a distância para dwb160	Weg	R\$ 320,08	15%	0,231	R\$ 127,79	R\$ 85,19
03	Protetor contra surto classe II 45ka	Weg	R\$ 170,83	15%	0,257	R\$ 227,35	R\$ 151,57
02	Minidisjuntor tripolar curva c 25a icu 10ka	Weg	R\$ 225,85	10%	0,257	R\$ 191,67	R\$ 127,78
07	Minidisjuntor bipolar curva c 25a icu 10ka	Weg	R\$ 140,74	10%	0,257	R\$ 418,04	R\$ 278,69
01	Minidisjuntor bipolar curva c 16a icu 10ka	Weg	R\$ 140,74	10%	0,257	R\$ 59,72	R\$ 39,81
01	Minidisjuntor bipolar curva c 10a icu 10ka	Weg	R\$ 140,74	10%	0,257	R\$ 59,72	R\$ 39,81
01	Minidisjuntor monopolar curva c 32a icu 10ka	Weg	R\$ 47,98	10%	0,257	R\$ 20,36	R\$ 13,57
01	Tomada de manutenção	Tasco	R\$ 25,00	0%	1,000	R\$ 37,50	R\$ 25,00
01	Chave comutadora 3 posições	Weg	R\$ 83,16	15%	0,257	R\$ 36,89	R\$ 24,59
01	Contator tripolar 18a 1na+1nf bobina 220v	Weg	R\$ 177,22	5%	0,257	R\$ 71,78	R\$ 47,85
01	Sinaleiro de status ligado	Weg	R\$ 30,56	15%	0,257	R\$ 13,56	R\$ 9,04
01	Programador de horário digital	Coel	R\$ 95,00	10%	1,030	R\$ 161,45	R\$ 107,64
04	Canaletas para passagem dos cabos	Dutoplast	R\$ 8,32	10%	1,030	R\$ 56,56	R\$ 37,71
03	Trilho din para fixação rápida	Phoenix	R\$ 9,52	10%	1,030	R\$ 48,54	R\$ 32,36
14	Isolador epóxi cilíndrico	Superfili	R\$ 3,50	15%	1,030	R\$ 87,06	R\$ 58,04
01	Polícarbonato para proteção das partes vivas	Politec	R\$ 52,46	0%	1,000	R\$ 78,69	R\$ 52,46
06	Borne mola 4mm ²	Weg	R\$ 8,39	15%	0,257	R\$ 22,33	R\$ 14,89
05	Cabo flex 16mm ²	Ficap	R\$ 6,52	0%	1,000	R\$ 48,90	R\$ 32,60
10	Cabo flex 2,5mm ²	Ficap	R\$ 0,90	0%	1,000	R\$ 13,50	R\$ 9,00
30	Cabo flex 1mm ²	Ficap	R\$ 0,50	0%	1,000	R\$ 22,50	R\$ 15,00
01	Miscelâneas (parafusos, terminais, arruelas, adesivos)	Diversos	R\$ 30,00	0%	1,000	R\$ 45,00	R\$ 30,00
16	Horas de projeto e montagem do painel	Trc.eng.	R\$ 50,00	0%	1,000	R\$ 1.200,00	R\$ 800,00
VALOR TOTAL DE VENDA:						R\$ 4.185,48	

Quadro 3 - Custo médio de um Painel (QDAC-1) do tipo TTA/PTTA

Fonte: WEG (2010b)

Este arcará com os danos ocasionados pelo produto, despesas de montagem e substituição e o circuito danificado será encaminhado para análise, visto que está especificado em um certificado numerado e exclusivo para o equipamento adquirido e com a identificação do laboratório, do fabricante e do painel ensaiado pelo montador, ou seja, apresenta total rastreabilidade de falhas.

5 CONCLUSÃO

Todos estes dados mostram, claramente, a falta de importância que se dá no Brasil quanto aos acidentes envolvendo eletricidade. Verifica-se baixos investimentos neste setor, devido a inexistência de campanhas educativas e de conscientização para o uso seguro da eletricidade, o que gera desinteresse nos usuários em preocupar-se com instalações mais protegidas e adequadas. Enfim, a cultura sobre a segurança com eletricidade no Brasil ainda é lenta e há necessidade de ação imediata diante de números tão alarmantes de acidentes e mortes.

Conclui-se que, devido a uma ampla gama de requisitos que proporcionam proteção às pessoas contra quaisquer perigos que possam ser gerados pelo conjunto de manobra, o painel TTA/PTTA é o melhor e o mais seguro produto do

mercado quanto ao que se refere em painel de baixa tensão. A utilização desse painel também é um dos meios mais eficazes de amenizar o absenteísmo, nas indústrias do setor elétrico brasileiro, causado por acidentes elétricos.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR IEC 60439-1**: Conjunto de manobras e controle de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ABRACOPEL. **Número de acidentes com eletricidade em 2014 dão um salto**. Disponível em: <<http://abracopel.org>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BIUDES, M. **Confira os dados estatísticos de acidentes de origem elétrica de 2015**.

FUNCOGE. **Relatório de Estatísticas de Acidentes no Setor Elétrico Brasileiro de 2013. 2014**. Disponível em: <<http://www.funcoge.org.br>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

KAWASAKA, R. N. **Estudo de melhorias dos painéis de baixa tensão da faculdade de engenharia de Guaratinguetá**. UNESP. São Paulo, 2012.

MAMEDE FILHO, J. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2013, p. 322-324.

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

NUNES D.W; BARBANTI, K.C.A; POLTL, R.G. **Software de dimensionamento de isoladores e barramentos para painéis de distribuição**. UTFPR. Paraná, 2013.

SANTOS, E. C. S. **Inspeção e adequação das instalações elétricas e procedimentos de trabalho de uma empresa à norma regulamentadora NR-10**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2012.

WEG. **Manual de Treinamento de Painéis Totalmente Testados: TTW-01 NBR IEC 60439-1:2003**. Santa Catarina, 2010.

WEG. **Painéis Totalmente Testados: TTW-01**. Santa Catarina, 2010b. Disponível em: <<http://www.weg.net>>. Acesso em: 12 mar. 2016.