

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

LUIZ GUILHERME VIVEROS DE ALMEIDA

**NR10: DETERMINAÇÃO DE FATORES DETERIORANTES DOS MATERIAIS
ISOLANTES DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COM BASE EM BANCO DE
DADOS.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

LUIZ GUILHERME VIVEROS DE ALMEIDA

**NR10: DETERMINAÇÃO DE FATORES DETERIORANTES DE MATERIAIS
ISOLANTES DE EQUIPAMENTOS DOS PROTEÇÃO COM BASE EM BANCO DE
DADOS.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção de título de Especialista no Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Programa de Pós-graduação do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara

CURITIBA

2017

LUIZ GUILHERME VIVEROS DE ALMEIDA

**NR10: DETERMINAÇÃO DE FATORES DETERIORANTES DOS
MATERIAIS ISOLANTES DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COM
BASE EM BANCO DE DADOS**

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
2017

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

RESUMO

Devido ao alto índice de acidentes de trabalho no setor elétrico, a criação do ministério do trabalho, e as perdas econômicas que as empresas sofriam em consequência a esses acidentes, fez-se com que o uso de EPIs e EPCs começasse a se tornar importante nos setores de trabalho. Entretanto o simples fato de fornecer equipamentos de proteção com características dielétricas não atende os dispostos da NR10 bem como não mantém a segurança do trabalhador, caso não seja realizado ensaios periódicos que comprovam a eficácia do material isolante. O presente estudo tem como objetivo determinar, com base em um banco de dados adquirido através de ensaios realizados em laboratório elétrico de alta tensão, fatores deteriorantes do material isolante de luvas de borracha isolante e ferramentas isoladas/isolantes, quantificando as reprovações destes equipamentos/ferramentas ocorridas no período de Janeiro de 2016 à Janeiro de 2017 sendo possível, com base nos resultados, determinar que apesar do baixo índice de reprovações, é extremamente necessário que as empresas criem seus próprios cronogramas de reensaios dielétricos, de modo a aumentar a confiabilidade de seus equipamentos de proteção.

Palavras Chaves: EPI, EPC, Ferramentas Isoladas, Equipamentos de Proteção, Ensaio Dielétricos.

ABSTRACT

Due to the high rate of accidents at work in the electricity sector, the creation of the Ministry of Labor, and the economic losses that companies suffered as a result of these accidents, the use of PPE and CPE began to become important in Sectors of work. However, the simple fact of providing protection equipment with dielectric characteristics does not meet the requirements of the NR10 as well as does not maintain the safety of the worker if no periodic tests are carried out to prove the effectiveness of the insulation material. The present study aims to determine, based on a database acquired through tests carried out in a high voltage electrical laboratory, deteriorating factors of insulation material of insulated rubber gloves and insulated tools, quantifying the failures of these equipment / tools that occurred between January 2016 through January 2017, making possible. based on the results, determine that despite the low rate of failures, it is extremely necessary for companies to create their own retesting dielectric schedules, in order to increase the reliability of their protective equipment.

Keywords: PPE, CPE, Insulated Tools, Protective Equipments, Dielectric Tests.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico Acidentes Terceirizadas das Concessionárias de Energia x Ano.	16
Figura 2 – Modelo de Etiqueta de identificação de luva de borracha isolante.....	19
Figura 3 – Modelo de marcação de identificação de calçados isolantes.....	21
Figura 4 – Modelo de marcação de identificação de tapete de borracha isolante.....	22
Figura 5 – Marcação de identificação de capacete de segurança classe B.....	23
Figura 6 – Marcação de identificação Ferramentas Isoladas.....	25
Figura 7 – Esquema físico de ensaio em luva de borracha isolante.....	27
Figura 8 – Esquema físico de ensaio em ferramenta isolada.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistividade e Coeficiente de Temperatura de Materiais.	14
Tabela 2 - Intensidade de Corrente (CA) x Efeitos Biológicos no Corpo Humano ...	15
Tabela 3 - Classe de Luvas de Borracha Isolante.....	18
Tabela 4 - Propriedades Especiais de Luvas de Borracha Isolante.	18
Tabela 5 - Classe de Calçados Elétricos Isolantes.	20
Tabela 6 - Tipos de Tapetes de Borracha Isolantes.....	21
Tabela 7 - Classe dos Tapetes de Borracha Isolantes.....	22
Tabela 8 - Tipos de vestimentas antichamas ATPV.....	24
Tabela 9 - Tensão de Ensaio e Corrente máxima de fuga em luvas de borracha isolantes.....	28
Tabela 10 - Quantitativo de Luvas de Borracha Isolante ensaiadas no período 2016- 2017.	31
Tabela 11 - Quantitativo de Ferramentas isoladas/isolantes ensaiadas no período 2016-2017.	33

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÔNOMINOS E SIGLAS

EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
NR	Norma Regulamentadora
NACTER	Número de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica e demais instalações
NMOTER	Número de mortes decorrentes de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica
C.A	Corrente Alternada
C.C	Corrente Contínua
CA	Certificado de Aprovação
NA	Não Aplicável
FR	Fire Retardant

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.3.1	Objetivo Geral.....	11
1.3.2	Objetivos Específicos.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	HISTÓRIA DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO NO SETOR ELÉTRICO	13
2.2	MATERIAIS CONDUTORES E ISOLANTES.....	13
2.3	OS RISCOS INERENTES AO CHOQUE ELÉTRICO.....	14
2.4	HISTÓRIA DA NR10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE..	16
2.5	PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO NO SETOR ELÉTRICO	17
2.5.1	Luva de Borracha Isolante.....	18
2.5.2	Calçado Isolante Elétrico	19
2.5.3	Tapete de Borracha Isolante	21
2.5.4	Capacete de Segurança Classe B.....	22
2.5.5	Vestimenta Antichamas (ATPV)	23
2.5.6	Bastões de Manobra.....	24
2.5.7	Ferramentas Isoladas e Isolantes.....	25
2.6	ENSAIOS DIELÉTRICOS EM LUVAS DE BORRACHA ISOLANTE E FERRAMENTAS ISOLADAS E ISOLANTES.....	26
2.6.1	Luvras de Borracha Isolante	27
2.6.2	Ferramentas Isoladas/Isolantes.....	28
3	METODOLOGIA	30
4	RESULTADO.....	31
4.1.1	Luvras de Borracha Isolante	31
4.1.2	Ferramentas Isoladas/Isolantes.....	33
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Acidentes de trabalho sempre estiveram presentes quanto se trata de atividades exercidas pelo ser humano as quais apresentam algum tipo de risco. Nos tempos mais primórdios até a era pós-industrial, não haviam grandes preocupações com a saúde, higiene e qualidade de vida dos trabalhadores. Com a criação do Ministério do Trabalho em 1930 pelo então Presidente da República Getúlio Vargas (FGV CPDOC, 2017), com elaboração das Normas Regulamentadoras e com a preocupação das empresas devido ao crescente aumento de perdas de produtividade e perdas financeiras como reflexo de acidentes de trabalho, o setor de segurança e saúde do trabalho vem recebendo grandes investimentos no Brasil.

O setor da construção civil é o que representa o maior índice de acidentes de trabalho (OLIVEIRA, 2013). Contudo, há de se ter maior preocupação com o setor elétrico, considerando que acidentes os quais envolvam o sistema elétrico de potência são em sua maioria fatais, e acidentes os quais envolvam sistemas de baixa tensão, quando não causam a morte do trabalhador, causam grandes danos aos mesmos, como por exemplo graves queimaduras e perdas de membros.

Com a intenção de diminuir os índices de acidentes de trabalho que envolva eletricidade, as empresas acabam, por sua vez, fornecendo EPI's, EPC's e ferramentas isoladas específicas as quais devem ser ensaiadas periodicamente conforme prescrito na NR10 (BRASIL, 2016a), item 10.7.8. Tal item estabelece que os ensaios dielétricos devem obedecer “às especificações dos fabricantes, procedimentos da empresa, e na ausência desses, anualmente” (BRASIL, 2016a).

Uma grande parcela dessas empresas já possui a precaução de atender o item supracitado da NR10, no entanto, não se atentam que as condições de uso, de armazenamento e condições climáticas influenciam na periodicidade de ensaios dos equipamentos e ferramentas e devem ser analisadas para obter um aumento de confiabilidade no uso dos mesmos.

Este trabalho é focado na delimitação de condições que influenciam na periodicidade dos ensaios dielétricos exigidos pela NR10 (BRASIL, 2016a), bem como concluir que os procedimentos internos estabelecidos pelas empresas em relação a periodicidade de ensaio, conjuntamente com as indicações do fabricante, são muito mais eficazes e confiáveis, uma vez que os responsáveis pelo setor de segurança e saúde dos trabalhadores têm amplo conhecimento dos agentes existentes em sua

instalação que influenciam na degradação mecânica e elétrica de seus equipamentos de proteção e ferramentas.

1.1 OBJETIVOS

Esta seção apresenta os objetivos do trabalho em dois níveis: o objetivo geral, como foco principal do trabalho, e os objetivos específicos, que representam as etapas necessárias para se alcançar o objetivo geral.

1.3.1 Objetivo Geral

Determinar, com base em um banco de dados, fatores deteriorantes nas características elétricas dos equipamentos de proteção individual (luva de borracha isolante e ferramentas isolantes/isoladas para o setor elétrico, conscientizando as empresas da necessidade de se aprofundarem no item 10.7.8 da NR10.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar comparativo de ensaios dielétricos realizados em equipamentos de proteção e ferramentas isoladas em boas e em más condições;
- Quantificar luvas de borracha isolante e ferramentas isoladas reprovadas nos ensaios dielétricos no período de Janeiro/2016 e Janeiro/2017 em laboratório de alta tensão específico;

1.2 JUSTIFICATIVA

Usualmente e erroneamente, as empresas determinam como base de reensaio dos equipamentos de proteção e ferramentas isoladas de seus trabalhadores, o período de um ano, sem levar em consideração as condições do meio agressivo que estes equipamentos de proteção e ferramentas isoladas são acondicionados. Em regiões litorâneas, por exemplo, o índice de degradação de diversos tipos de materiais é extremamente superior quando comparados com regiões do interior do Brasil. Desta forma, uma empresa multinacional que possui várias filiais espalhadas pelo território brasileiro, deveria possuir procedimentos diferentes e específicos para cada uma de suas instalações.

Este trabalho foi desenvolvido com a intenção de alertar sobre a necessidade do cumprimento do disposto no item 10.7.8 da NR10, a qual define que a periodicidade dos ensaios dielétricos deve seguir as determinações do fabricante, a política interna das empresas e na ausência destas, deve ser realizado anualmente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO NO SETOR ELÉTRICO

Os primeiros registros de uso de equipamentos de proteção originam-se na era pré-histórica. Conforme (PINTO, 2017), a evolução dos equipamentos de proteção já era perceptível nesta era, uma vez que no período Paleolítico a matéria prima principal utilizada para defesa era lascas de pedra, gerando equipamentos extremamente rústicos. Já no período Neolítico, a elaboração dos equipamentos ganhou maior qualidade, através do uso de pedras polidas. A eletricidade foi descoberta no século VI pelo filósofo Tales de Mileto, porém apenas no século XIX, com o acelerado avanço na evolução da energia elétrica, devido a famosa guerra das correntes entre Thomaz Edison e George Westinghouse, ela ganhou força.

O primeiro registro de acidente envolvendo a eletricidade foi em 1879 (OSHA, 2008). Desde então houve grande avanço nas invenções de equipamentos de proteção. Em 1919, foi publicado a patente de um dispositivo de aterramento elétrico (BECKER, 1919). Na década de 1930 outras inúmeras invenções referentes a equipamentos de proteção originaram-se, tais como a borracha de isolamento elétrica (MCGAVACK e TEFFT, 1935) e o detector de tensão (MEHAFFLE, 1937). Em 1999, foi patenteado por LUEBKE e WIESEMANN o detector de tensão sem contato direto, o qual funciona pelo campo magnético.

2.2 MATERIAIS CONDUTORES E ISOLANTES

Para compreensão das diferenças entre um material isolante e um material condutor é necessário uma análise atômica. Junior (2017) define que materiais cujo elétrons possuem a facilidade de se desprender de um átomo se deslocando para outro, quando submetidos a ação de um campo elétrico, são denominados condutores. Por outro lado, materiais submetidos também a um campo elétrico, que possuem elétrons vinculados a um átomo de tal forma que não podem ser desprendidos do mesmo, ou apresentam dificuldades para tal, são denominados isolantes ou dielétricos.

A tabela 1, elucida a resistividade e coeficiente de temperatura de alguns materiais.

Tabela 1 - Resistividade e Coeficiente de Temperatura de Materiais.

<i>Material</i>	<i>Resistividade r ($\Omega.m$)</i>	<i>Coef. De Temp. α ($^{\circ}C^{-1}$)</i>
Condutores		
Prata	$1,58 \times 10^{-8}$	0,0061
Cobre	$1,67 \times 10^{-8}$	0,0068
Alumínio	$2,65 \times 10^{-8}$	0,0043
Tungstênio	$5,60 \times 10^{-8}$	0,0045
Ferro	$9,71 \times 10^{-8}$	0,0065
SEMICONDUCTORES		
Carbono (grafite)	$(3 - 60) \times 10^{-5}$	-0,0005
Germânio	$(1 - 500) \times 10^{-3}$	-0,0500
Silício	0,1 – 60	-0,0700
ISOLANTES		
Vidro	109×10^{12}	-
Borracha	1.013×10^{15}	-

Fonte: Adaptado de IFSUL (2017).

2.3 OS RISCOS INERENTES AO CHOQUE ELÉTRICO

O choque elétrico é um conjunto de perturbações que se manifestam no corpo humano, quando este é percorrido por uma corrente elétrica (FERNANDES, 2017). Contrações musculares leves e violentas, ou até mesmo a morte, são consequências causadas pelo choque elétrico. Outrossim, cérebro, músculos do tórax, centros nervosos que controlam a respiração e músculos do coração são as partes do corpo que apresentam maior sensibilidade à passagem de correntes elétricas externas (DURAN, 2003).

O choque elétrico pode ocorrer por meio de corrente contínua ou alternada. Apesar dos efeitos causados em um corpo humano serem, em geral, semelhantes, pode-se dizer que o organismo humano é mais sensível a corrente elétrica em sua forma alternada do que contínua (FERNANDES, 2017).

A tabela 2, adaptada de Duran (2003), correlaciona a intensidade de corrente alternada circulante pelo corpo humano com os efeitos biológicos que estas causam ao mesmo.

Tabela 2 - Intensidade de Corrente (CA) x Efeitos Biológicos no Corpo Humano

Intensidade da Corrente (CA)	Efeitos Biológicos no Corpo Humano
0,5 a 2 mA	Nenhuma. Limiar de sensibilidade
2 mA a 10 mA	Dor, contrações musculares
10 mA a 20 mA	Aumento dos efeitos musculares, danos por volta dos 16 mA
20 mA a 100 mA	Parada cardíaca
100 mA a 3 A	Fibrilação ventricular que pode ser fatal
Acima de 3 A	Parada cardíaca, queimaduras muito sérias

Fonte: Adaptado de Duran (2003).

De acordo com Fernandes (2017), os efeitos do choque elétrico podem variar de acordo com inúmeros fatores, dos quais:

- Trajeto da corrente elétrica no corpo humano;
- Tipo da corrente elétrica;
- Tensão nominal;
- Intensidade da corrente;
- Duração do choque elétrico
- Resistência do circuito;
- Frequência da corrente.

As consequências do choque elétrico, em sua grande maioria, causam danos catastróficos aos trabalhadores, visto que um nível de corrente 80 mA, alcançado facilmente em sistemas de baixa tensão, pode ser fatal (Duran, 2003). Como consequência, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), possui indicadores de segurança do trabalho e das instalações no setor elétrico em todo o Brasil. Conforme ANEEL (2017) “os indicadores de segurança do trabalho sinalizam a preocupação da distribuidora com a qualidade do trabalho desenvolvido pelos seus colaboradores”. Estes indicadores apresentam dados de acidentes de trabalho envolvendo eletricidade a partir de 2009. A figura 1, apresenta a quantidade de

acidentes de trabalho informados a ANEEL pelas concessionárias de energia no período de 2009 a 2016 diretamente relacionados com a eletricidade. As colunas laranjas correspondem a “número de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica e demais instalações”. Já as colunas verdes indicam “número de mortes decorrentes de acidentes com terceiros envolvendo a rede elétrica”.

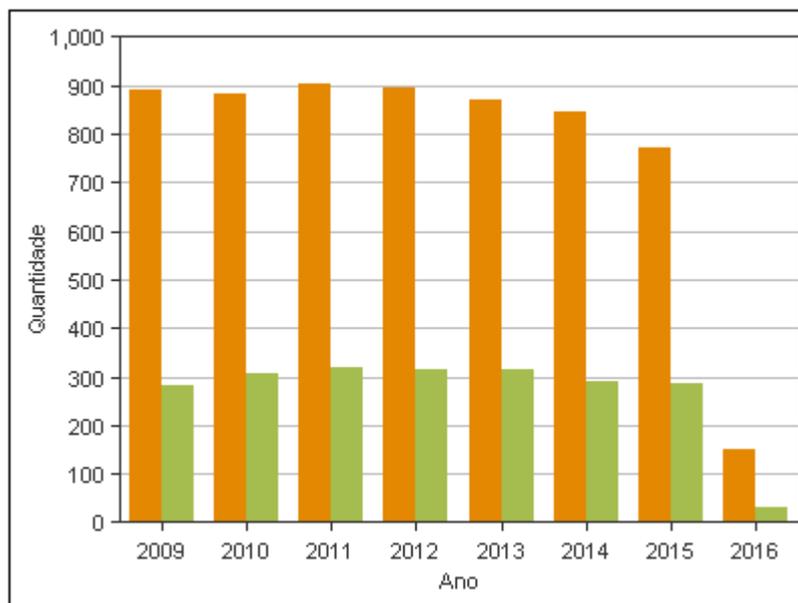


Figura 1 – Gráfico Acidentes Terceirizadas das Concessionárias de Energia x Ano.
Fonte: ANEEL (2017).

2.4 HISTÓRIA DA NR10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE

No Brasil a preocupação com os riscos envolvendo a eletricidade iniciou-se com a elaboração da NR10 em 1978. Durante a década de 1990, foi realizada sua atualização, sendo publicada no ano de 2004. Sua nova versão teve alterações profundas no que tange documentações exigíveis, procedimentos de segurança e referência às normas da ABNT, tornando estas como parte integrante da NR10. Sua última atualização ocorreu através da portaria MTPS Nº 508 de 29/04/2016.

2.5 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO NO SETOR ELÉTRICO

Medidas de proteção coletiva devem ser tomadas em qualquer tipo de serviço que envolva eletricidade. Na impossibilidade de se controlar os riscos pertinentes a eletricidade pelo uso de ações de proteção coletiva, faz-se necessário a utilização de medidas de proteção individual. A NR10 (BRASIL, 2016a), no item 10.2.4 determina que instalações superiores a 75 kW devem possuir um prontuário das instalações elétricas o qual contempla especificações de equipamentos de proteção individual, proteção coletiva e ferramental, bem como os testes de isolamento elétrica destes equipamentos.

Visando atender os preceitos da NR10, provendo proteções coletivas e individuais para seus trabalhadores, empresas que possuem ou que atuam no sistema elétrico de potência disponibilizam equipamentos de proteção para serviços elétricos bem como treinamento e capacitação da utilização destes, atendendo concomitantemente a NR6 (BRASIL, 2016a).

Os principais equipamentos de proteção disponibilizados para serviços no setor elétrico são:

- Luvas de Borracha Isolante;
- Calçado Isolante Elétrico
- Tapete de Borracha Isolante;
- Capacete de Segurança Classe B;
- Vestimenta Antichamas (ATPV);
- Bastões de Manobra;
- Ferramentas isoladas e isolantes;

Entretanto, não se deve, em hipótese alguma, se restringir apenas aos equipamentos acima citados. A necessidade de se analisar o nível de tensão do trabalho a ser executado é primordial, de modo a não utilizar equipamentos de proteção subdimensionados, acarretando em riscos eminentes para os trabalhadores. Para isso, cada serviço deve ser analisado pontualmente, levantando riscos e perigos eminentes na execução das atividades para que desta forma seja possível a determinação dos EPI's e EPC's adequados.

2.5.1 Luva de Borracha Isolante

As luvas de borracha isolante são fabricadas conforme as normas NBR 16295 e ASTM D120. São equipamentos de proteção individual destinados a proteger a mão, o punho e parte do antebraço do trabalhador. Elas são especificadas basicamente por classe de tensão máxima de uso (classe 00, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4), tamanho e por propriedades especiais (resistentes a ácido, óleo, ozônio, baixas temperaturas). A tabela 3 elenca as classes com a tensão máxima de uso.

Tabela 3 - Classe de Luvas de Borracha Isolante.

<i>Classe de Luvas</i>	<i>Cor de Identificação</i>	<i>Tensão Máxima de uso (Vrms)</i>
00	Bege	500
0	Vermelha	1.000
1	Branca	7.500
2	Amarela	17.000
3	Verde	26.500
4	Laranja	36.000

Fonte: Adaptado de ABNT (2014a).

Já a tabela 4 elenca as propriedades especiais das luvas de borracha isolante.

Tabela 4 - Propriedades Especiais de Luvas de Borracha Isolante.

<i>Categoria</i>	<i>Resistente a</i>
A	Ácido
H	Óleo
Z	Ozônio
R	Ácido, Óleo, Ozônio
C	Temperatura Extremamente Baixa

NOTA 1 A categoria R combina as características das categorias A, H e Z.

NOTA 2 Qualquer combinação de categorias pode ser usada.

Fonte: Adaptado de ABNT (2014a).

Ainda, de acordo com (ASSOCIAÇÃO...,2014a) toda luva de borracha isolante, deve possuir no mínimo, em forma de etiqueta e/ou marcação, as seguintes informações:

- Símbolo IEC 60417-5216 apropriado para trabalho em linha viva;
- Número da Norma pertinente imediatamente adjacente ao símbolo com o ano da publicação (quatro dígitos);
- Nome, marca registrada ou identificação do fabricante;
- Categoria, se aplicável;
- Tamanho;
- Classe;
- Mês e ano de fabricação;
- Número do certificado de aprovação (CA) do Ministério do Trabalho e Emprego;
- Número de Série;
- Tensão máxima de uso em corrente alternada;

A figura 2 ilustra um modelo de etiqueta de identificação de luva de borracha isolante, comumente encontrada no mercado brasileiro:



Figura 2 – Modelo de Etiqueta de identificação de luva de borracha isolante.
Fonte: Orion Rubbers Expert (2017).

2.5.2 Calçado Isolante Elétrico

O calçado isolante elétrico, é um equipamento de proteção de uso diário dos eletricitistas, sendo utilizado para exclusivamente para serviços de baixa tensão. A fabricação deve seguir as normas brasileiras ABNT (2015a), ABNT (2015b), ABNT

(2015c) as quais determinam que os calçados devem cumprir os requisitos citados na norma internacional EN 50321. É um equipamento de proteção feito para “proteger o portador contra choques elétricos pela prevenção da passagem de correntes perigosas através do corpo pelos pés” (BRITISH..., 2000).

Sua classificação é feita, assim como as luvas de borracha isolante, por números. Podem ser classificadas como classe 00 e classe 0, conforme tabela 5.

Tabela 5 - Classe de Calçados Elétricos Isolantes.

<i>Classe do Calçado</i>	<i>Cor de Identificação</i>	<i>Tensão Máxima de uso (Vac)</i>	<i>Tensão Máxima de uso (Vcc)</i>
00	Bege	500	750
0	Vermelha	1.000	1.500

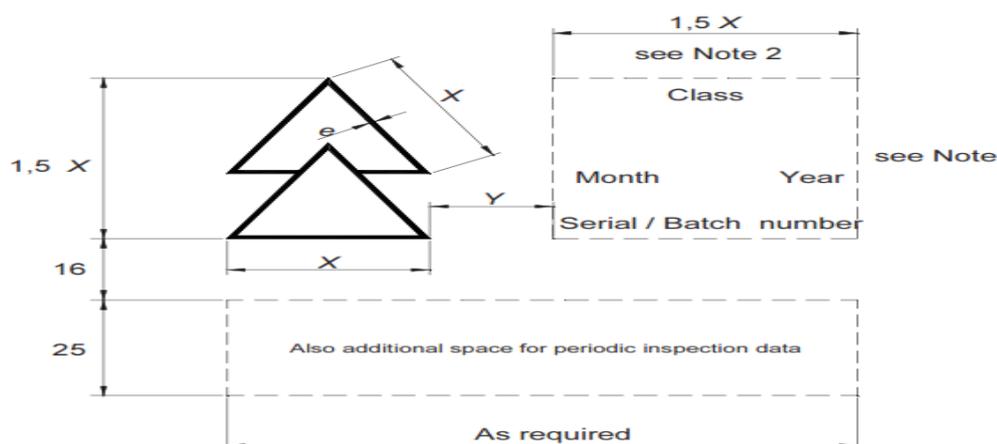
Fonte: Adaptado de EN 50321 (2015).

Conforme (BRITISH...,2000), os calçados isolantes deverão ter marcação duráveis e legíveis em seu lado externo de forma que não impacte na qualidade do produto. Tal marcação deverá possuir:

- Simbologia (duplo triangulo);
- Classe;
- Número de série;
- Mês e ano de fabricação;

Entretanto, para calçados fabricados no Brasil é necessário que também possua em sua marcação o número do certificado de aprovação (CA) do Ministério do Trabalho e Emprego;

A figura 3 ilustra o modelo de marcação em calçados isolantes.



NOTE 1: All dimensions are in millimetres, tolerances are $\pm 10\%$.

NOTE 2: Dimensions:

$X = 16, 25$ or 40

$e =$ minimum thickness of the line: 1 mm

$Y = X/2$

NOTE 3: Maximum is 32 letters.

Figura 3 – Modelo de marcação de identificação de calçados isolantes.
Fonte: EN 50321 (2000).

2.5.3 Tapete de Borracha Isolante

O tapete de borracha isolante é um equipamento de proteção coletiva que segue a norma internacional ASTM D178, sendo utilizado como uma proteção adicional aos trabalhadores do setor elétrico. Assim como o calçado isolante, quando utilizado como um EPC corretamente dimensionado, serve para prevenir que correntes circulem pelo corpo em direção ao solo pelos pés. É classificado por tipo de material (tipo I e tipo II – tabela 6), e por classe de tensão (classe 0, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 – tabela 7).

Tabela 6 - Tipos de Tapetes de Borracha Isolantes.

<i>Tipo</i>	<i>Características Construtivas</i>	<i>Propriedades Especiais</i>
I	Fabricado com algum tipo de elastômero ou combinação de elastômeros, adequadamente vulcanizados.	-
II	Fabricado com algum tipo de elastômero ou combinação de elastômeros, adequadamente vulcanizados, composto por uma ou mais propriedades especiais.	A – Resistente a Ozônio B – Resistente a Chamas C – Resistente a Óleo

Fonte: Adaptado de ASTM D178 (2004).

Tabela 7 - Classe dos Tapetes de Borracha Isolantes.

<i>Classe</i>	<i>Tensão Máxima de uso (Vrms)</i>
0	1.000
1	7.500
2	17.000
3	26.500
4	36.000

Fonte: Adaptado de ASTM D178 (2004).

Quanto a sua identificação conforme norma ASTM D178, os tapetes isolantes devem possuir as seguintes informações:

- Tipo;
- Classe;
- Largura;
- Comprimento;
- Espessura;
- Cor;

A figura 4 ilustra o modelo de marcação em tapetes de borracha isolante.



Figura 4 – Modelo de marcação de identificação de tapete de borracha isolante.
Fonte: Orion Rubbers Expert (2017).

2.5.4 Capacete de Segurança Classe B

O capacete de segurança Classe B é fabricado conforme ABNT (2015d). Assim como o capacete de segurança convencional (Classe A), é constituído basicamente

de um casco rígido e suspensão (carneira). Serve para proteger a cabeça do trabalhador contra impactos, outrossim difere-se do capacete classe A pelo fato de atender as exigências dielétricas da norma supracitada. Sua identificação deve ser gravada de modo indelével e de fácil leitura, outrossim, deve possuir:

- Nome do fabricante;
- Número do certificado de aprovação (CA) do Ministério do Trabalho e Emprego;
- Mês e ano de fabricação;



Figura 5 – Marcação de identificação de capacete de segurança classe B.
Fonte: Ultraplug (2017).

2.5.5 Vestimenta Antichamas (ATPV)

A vestimenta antichamas é o único EPI explicitamente descrito na norma regulamentadora Nº 10 (BRASIL, 2016a). Verifica-se, portanto, que se trata de um equipamento de proteção primordial na área elétrica. Ainda conforme (BRASIL, 2016a) “as vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnética”. Trata-se de um EPI que protege o trabalhador de queimaduras consequentes da incidência de energia térmica após a ocorrência de um curto circuito. Tal energia térmica incidente é diretamente proporcional ao nível de curto circuito presenciado.

Para determinação das classes de riscos, e consequentemente as classes de vestimentas antichamas, é utilizada a norma NFPA 70e (*Standard for electrical safety requirement for employee workplace*). Estas são definidas em cinco níveis de proteção, conforme tabela 8.

Tabela 8 - Tipos de vestimentas antichamas ATPV.

<i>Classe de Risco</i>	<i>Características Construtivas</i>	<i>ATPV Mínimo</i>
<i>Categoria</i>	<i>Vestimenta Antichamas ATPV</i>	<i>(Cal/cm²)</i>
0	Algodão não tratado (1 camada)	-
1	Calça e camisa ou macacão confeccionados com tecido FR (1 camada)	4
2	Calça e camisa ou macacão confeccionados com tecido FR (1 camada com gramatura superior a classe 1)	8
3	Roupa interna de algodão mais calça e camisa ou macacão ou calça e capa confeccionados com tecido FR (2 camadas + tecido de algodão)	25
4	Roupa interna de algodão mais calça e camisa ou macacão ou calça e capa confeccionados com tecido FR (3 camadas + tecido de algodão)	40

Fonte: Adaptado de NFPA 70e (2004).

A identificação das vestimentas antichamas devem estar de acordo com a ABNT (2016a), devendo possuir uma etiqueta em cada peça de vestimenta com as seguintes informações:

- Nome do fabricante;
- Tipo do produto, nome comercial ou código;
- Simbologia conforme IEC 60417-5216 (2002-10);
- Etiqueta de cuidados em acordo com a ABNT NBR NM ISSO 3758;
- Número do certificado de aprovação (CA) do Ministério do Trabalho e Emprego;

2.5.6 Bastões de Manobra

Bastões de manobras são equipamentos de proteção individual utilizados para trabalhos em instalações energizadas. São confeccionadas de material isolante de alta resistência mecânica e elétrica. Este EPI segue a norma brasileira ABNT (2000a), e deve dispor de características construtivas conforme IEC 60855. A identificação deve ser estampada no equipamento de forma legível e indelével com os seguintes itens:

- Marca e o código de referência do fabricante;

- Mês e ano de fabricação;
- Capacidade de tração e/ou flexão;
- Número do certificado de aprovação (CA) do Ministério do Trabalho e Emprego.

2.5.7 Ferramentas Isoladas e Isolantes

Utilizadas para trabalhos com fontes energizadas, as ferramentas isoladas e isolantes são feitas para uso em tensões nominais de 1.000 Vac e 1.500 Vca. A norma que rege este tipo de EPI é a ABNT (2015e).

Existem dois tipos de ferramentas para trabalho em fontes energizadas em baixa tensão: Ferramentas Isoladas e Ferramentas Isolantes.

As ferramentas isoladas, de acordo com a ABNT (2015e) são “ferramentas manuais feitas de materiais condutores, parcial ou totalmente revestidas por materiais isolantes”. Por outro lado, as ferramentas isolantes são ferramentas manuais feitas totalmente ou essencialmente de materiais isolantes, com exceção de insertos feitos de materiais condutores não expostos.

A ferramentas devem ser identificadas de forma legível e permanente, seguindo as indicações abaixo:

- Identificação do fabricante (marca ou logotipo) – parte isolante / metálico;
- Modelo/referência do produto – parte isolante / metálico;
- Indicação de 1.000 V (limite de trabalho elétrico para corrente alternada). Os caracteres devem ter pelo menos 2 mm de altura.



Figura 6 – Marcação de identificação Ferramentas Isoladas.
Fonte: Gedori (2017).

2.6 ENSAIOS DIELÉTRICOS EM LUVAS DE BORRACHA ISOLANTE E FERRAMENTAS ISOLADAS E ISOLANTES

Ensaio dielétricos em EPIs, EPCs e ferramentas isoladas/isolantes devem ser obrigatoriamente realizados conforme determina a Norma Regulamentadora número 10 (BRASIL, 2016a). O Manual de instruções da COPEL MIT 161703 define que pelo fato de os ensaios dielétricos solicitados pela NR10 serem realizados em alta tensão, deve ser seguido, no mínimo, as seguintes condições de segurança:

- Os testes devem ser realizados em área com boa ventilação;
- Delimitar a área de risco de modo a evitar a aproximação de pessoas (especialmente crianças) ou animais;
- Manter o afastamento mínimo de objetos não envolvidos nos testes;
- Sinalizar adequadamente a área de risco com todos os meios possíveis (placas, luzes, sirenes, etc.) visando o afastamento de pessoas inadvertidas;
- A área escolhida para os ensaios não deve estar sujeita a interferência de eventuais campos elétricos ou magnéticos que possam afetar os resultados dos ensaios;
- A aparelhagem de teste deve ser devidamente aterrada, assim como todos os objetos metálicos próximos envolvidos nos testes (bancadas, caixas, mesas, grades, cubas, etc.);
- Todas as conexões de aterramento devem ser firmemente fixadas, com bom contato e periodicamente inspecionadas;
- Sempre que possível devem ser instaladas proteções automáticas visando a segurança do pessoal;
- Caso os ensaios sejam realizados em locais de pouca ventilação, devem ser observados os níveis admissíveis de concentração de ozônio;
- Após a execução de cada ensaio, o circuito de AT deve ser devidamente aterrado antes de qualquer manipulação, sendo recomendável a utilização de luvas de borracha classe 2 (20 kV).

Para fins deste estudo, serão explicados os ensaios dielétricos periódicos normatizados de luvas de borracha isolante e ferramentas isoladas/isolantes.

2.6.1 Luvas de Borracha Isolante

Os ensaios periódicos em luvas de borracha isolante são realizados em acordo com a ABNT (2014a). O esquema físico de ensaio é conforme figura 7.

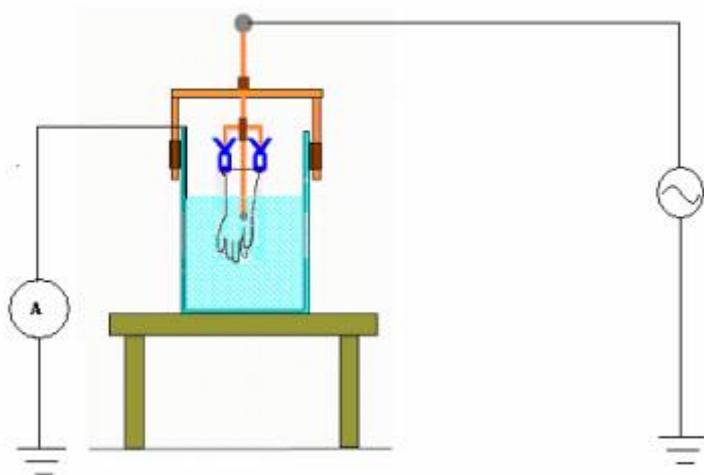


Figura 7 – Esquema físico de ensaio em luva de borracha isolante.
Fonte: MIT161703.

A luva de borracha isolante deve ser imersa em um recipiente metálico preenchido com água. Após a mesma ser imersa, deve ser preenchido o seu interior com água, sendo que o nível de água na parte interna da luva deve ser o mesmo nível da parte externa. Outrossim, a parte da luva acima do nível da água deve estar rigorosamente seca. Para aplicação de tensão, faz-se necessário a introdução de um eletrodo na parte interna da luva isolante. Este eletrodo é conectado a um equipamento de aplicação de tensão em corrente alternada, conhecido pelo nome de HIPOT. A tensão aplicada de ensaio deve seguir a tabela 9, retirada da ABNT (2014a). Esta tensão, do tipo C.A, deve ser elevada gradualmente a uma razão aproximada de 1kV/s até o valor de tensão especificado para a classe da luva ensaiada. Após atingir este valor de tensão, deve-se manter o ensaio por um período de 3 minutos, realizando a leitura de corrente de fuga próximo ao final do período. A luva de borracha isolante, é considerada apta para uso quando a corrente de fuga medida não ultrapasse o valor determinado na tabela 9 e não apresente perfurações após o ensaio.

Tabela 9 - Tensão de Ensaio e Corrente máxima de fuga em luvas de borracha isolantes.

Classe de Luvas	Tensão de Ensaio (Vrms)	Corrente máxima de fuga (mA C.A)			
		Comprimento da Luva (mm)			
		280	360	410	≥460
00	2.500	10	12	NA	NA
0	5.000	10	12	14	16
1	10.000	NA	14	16	18
2	20.000	NA	16	18	20
3	30.000	NA	18	20	22
4	40.000	NA	NA	22	24

Fonte: Adaptado de ABNT (2014).

2.6.2 Ferramentas Isoladas/Isolantes

Os ensaios periódicos em ferramentas isoladas/isolantes para serviços em circuitos energizados são realizados com base na ABNT (2015e). O esquema físico de ensaio é conforme figura 8.

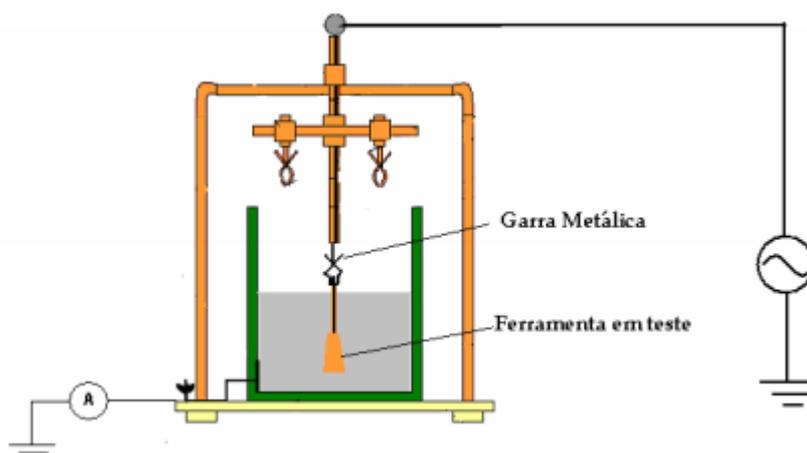


Figura 8 – Esquema físico de ensaio em ferramenta isolada.
Fonte: MIT161703.

Assim como no ensaio dielétrico periódico da luva de borracha isolante, a ferramenta isolada é introduzida a um recipiente metálico preenchido com água, sendo que a distância do nível da água até a parte metálica exposta mais próxima da ferramenta deve ser de $24 \pm \frac{4}{2}$ mm. Deve ser aplicado uma tensão de 10 kV

(ferramentas isoladas) em corrente alternada, não sendo necessário um aumento gradual desta tensão. Após atingir a tensão elétrica especificada, deve-se manter esta durante um período de 10 segundos, sendo que não é necessário a medição da corrente de fuga neste tipo de ensaio. A ferramenta é considerada aprovada no ensaio se nenhuma perfuração, faíscamento ou arco elétrico for evidenciado durante o ensaio.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido, utilizando dados de ensaios dielétricos realizados em luvas de borracha isolante e ferramentas isoladas no período de Janeiro/2016 à Janeiro/2017, por uma empresa que trabalha com este tipo de ensaio em laboratórios.

O laboratório de alta tensão utilizado é conforme figura 9. Possui um equipamento denominado HIPOT que, no arranjo abaixo, quando acoplado a um transformador elevador, pode chegar a uma tensão de 60 kVac. A cuba metálica preenchida de água é utilizada para ensaios periódicos de alguns equipamentos, tais como: Luva de Borracha isolante, Ferramentas Isoladas e Isolantes, Capacetes de Segurança Classe B, entre outros.



**Figura 9 – Laboratório de Alta Tensão Móvel.
Fonte: GaeSan Engenharia.**

Através dos dados adquiridos, será determinado o quantitativo de equipamentos e ferramentas ensaiados e quais destes foram reprovados. Outrossim, destes que foram reprovados, será definido se o motivo de sua reprovação se deve por condições de uso, armazenamento, entre outros.

4 RESULTADO

Com base nos dados obtidos no período de Janeiro/2016 à Janeiro/2017, realizou-se o levantamento quantitativo de luvas de borracha isolante e ferramentas ensaiados em laboratório de alta tensão situado na cidade de Curitiba/PR. Os EPIs e ferramentas presentes neste quantitativo são provenientes de diversas indústrias situadas no Sul e Sudeste do Brasil que atuam em diferentes ramos de atuação, possuem diferentes sistemas de armazenamento, condições climáticas e de uso. Os resultados desse trabalho serão separados, para melhor entendimento.

4.1.1 Luvas de Borracha Isolante

O quantitativo de luvas ensaiadas no laboratório de alta tensão no período de Janeiro/2016 a Janeiro/2017 foi de 258 unidades de diferentes classes de tensão e tipo. Neste período foi inspecionado, antes da realização do ensaio dielétrico periódico, a existência de manchas, desgastes e sujeiras nas luvas isolantes.

A tabela 10 apresenta o quantitativo de luvas ensaiadas no período acima citado, bem como o quantitativo de EPIs que foram reprovados e o motivo da reprovação.

Tabela 10 - Quantitativo de Luvas de Borracha Isolante ensaiadas no período 2016-2017.

<i>LUVAS ENSAIADAS (UN)</i>	<i>REPROVADAS</i>	<i>REPROVADAS (ARMAZENAMENTO)</i>	<i>REPROVADAS (COND. USO)</i>	<i>OUTROS</i>
258	12	5	1	6

Fonte: Autoria própria.

Foi verificado um índice de reprovação de 4,65%, sendo que 41,67% das reprovações se deram por condições de armazenamento, 8,33% por condições de uso e 50% por outros motivos não identificados. A figura 10, apresenta em gráfico, a porcentagem de luvas aprovadas e reprovadas.

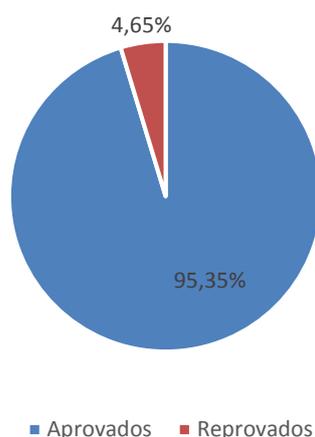


Figura 10 – Gráfico de aprovações/reprovações de luvas de borracha isolante.
Fonte: Fonte Própria.

Já a figura 11, apresenta em gráfico valores percentuais dos motivos detectados de reprovações das luvas isolantes.

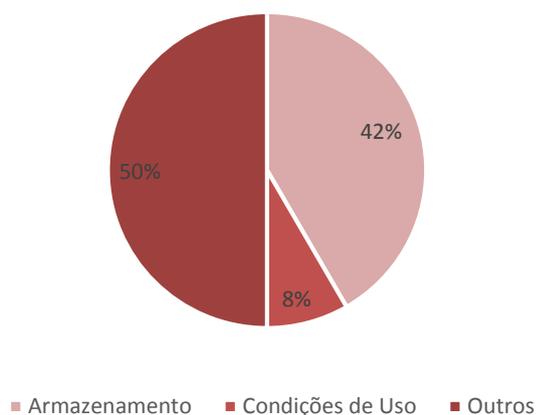


Figura 11 – Gráfico de reprovações de luvas de borracha isolantes
Fonte: Fonte Própria.

A reprovação de luvas de borracha isolante devido as condições de armazenamento ocorre, na maioria das vezes, pelo fato destes EPIs estarem constantemente expostos a umidade e calor. A figura 12 mostra uma luva de borracha isolante que reprovou durante o ensaio periódico, tendo como principal causa as condições de armazenamento. Pode-se verificar a existência de manchas sobre a superfície da borracha isolante da luva.



Figura 12 – Luva de Borracha Isolante reprovada.
Fonte: Autoria própria.

Por outro lado, a reprovação de luvas isolantes pelas condições de uso comumente ocorre pela utilização de ferramentas pontiagudas, má condições de higiene, entre outros.

4.1.2 Ferramentas Isoladas/Isolantes

O quantitativo de ferramentas isoladas/isolantes também foi obtido no mesmo período das luvas de borracha isolantes acima citadas. Foram ensaiadas o total de 627 ferramentas isoladas/isolantes de diversos tipos, porém, de mesma classe de tensão de operação. A tabela 11 elucida o quantitativo de ferramentas ensaiadas no período de Janeiro/2016 à Janeiro/2017, bem como quantas foram reprovadas no ensaio dielétrico e por quais possíveis motivos.

Tabela 11 - Quantitativo de Ferramentas isoladas/isolantes ensaiadas no período 2016-2017.

<i>FERRAMENTAS ENSAIADAS (UN)</i>	<i>REPROVADAS</i>	<i>REPROVADAS</i>	<i>REPROVADAS</i>	<i>OUTROS</i>
		<i>(ARMAZENAMENTO)</i>	<i>(COND. USO)</i>	
627	15	0	5	10

Fonte: Autoria própria.

Foi verificado um índice de reprovação de 2,39%, sendo que 33,33% das reprovações se deram por condições de uso e 66,66% por outros motivos não identificados. A figura 13, apresenta em gráfico, a porcentagem de ferramentas aprovadas e reprovadas.

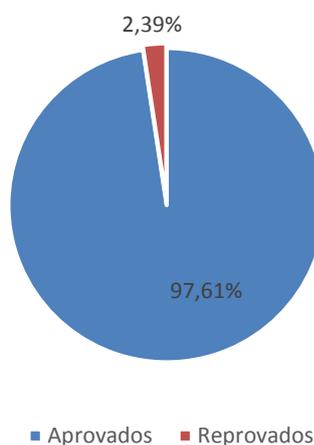


Figura 13 – Gráfico de aprovações/reprovações de ferramentas isoladas/isolantes.
Fonte: Fonte Própria.

Do mesmo modo, a figura 14, apresenta em gráfico valores percentuais dos motivos detectados de reprovações das ferramentas isoladas/isolantes.

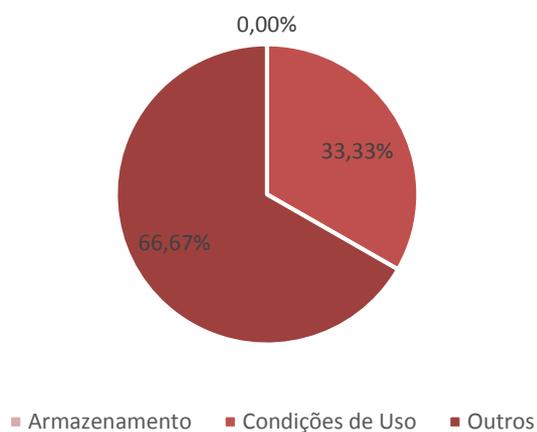


Figura 14 – Gráfico de reprovações de ferramentas isoladas/isolantes.
Fonte: Fonte Própria.

A figura 15 mostra uma ferramenta isolante a qual reprovou durante ensaio dielétrico. Verificou-se antes deste que, a parte isolante a qual envolve a chave de feda se encontrava em péssimas condições. Isso ocorre pelo fato do uso incorreto das

ferramentas, armazenamento em conjunto com ferramentas cortantes, entre outros motivos.



Figura 15 – Ferramenta isolante reprovada em ensaio dielétrico.
Fonte: Fonte Própria.

Como comparativo, a figura 16 mostra duas ferramentas isoladas ensaiadas, sendo que uma delas apresenta boas condições do material isolante, e outra em condições já degradadas.



Figura 16 – Ferramenta isolante em diferentes condições do material isolante.
Fonte: Fonte Própria.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Com base na pesquisa realizada e análise dos dados coletados, pode-se concluir que inúmeros fatores influenciam nas condições físicas do material isolante tais como condições de armazenamento, condições e frequência de uso, condições climáticas, entre outras coisas.

Verificou-se que o índice de reprovação das luvas de borracha isolante no período analisado foi de 4,65% e o de ferramentas isoladas/isolantes foi de 2,39%. Outrossim, apesar do baixo índice de reprovações, pode-se concluir também que equipamentos e ferramentas em más condições usualmente reprovam nos ensaios dielétricos, fazendo jus a realização de inspeções e ensaios periódicos. Por fim, com base no estudo realizado, recomenda-se que cada empresa se atente e crie um cronograma próprio de periodicidade de ensaios dielétricos de seus equipamentos de proteção e ferramentas, de modo a aumentar a confiabilidade destes. Orienta-se porém, que além da criação da periodicidade própria de ensaios, deve-se levar em consideração as indicações de reensaio definidas pelos fabricantes.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Indicadores de segurança do trabalho e das instalações.** Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasil, 2017. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/IndicadoresSegurancaTrabalho/pesquisaGeral.cfm>>. Acesso em 04 abr. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14540:** Bastão e escadas isolantes e ferragens para trabalho em instalação energizada - Transmissão. Rio de Janeiro, 2000a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16295:** Luvas de borracha isolante. Rio de Janeiro, 2014a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 20345:** Equipamento de proteção individual – calçado de segurança. Rio de Janeiro, 2015a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 20346:** Equipamento de proteção individual – calçado de segurança. Rio de Janeiro, 2015b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 20347:** Equipamento de proteção individual – calçado ocupacional. Rio de Janeiro, 2015c.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8221:** Capacete de segurança para uso ocupacional - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2015d.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9699:** Ferramentas manuais – Isolação elétrica até 1 000 V c.a. e 1 500 V c.c.. Rio de Janeiro, 2015e.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 14540-2:** Trabalhos sob tensão — Vestimenta de proteção contra os riscos térmicos de um arco elétrico Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2016a.
- BECKER, Robert A. **Electrical grounding device.** EUA nº US 1290881 A, 27 nov. 1916, 14 jan. 1919.
- BRASIL (a), Ministério do Trabalho e do Emprego. **NR-10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade.** Brasília, 2016.
- BRASIL (b), Ministério do Trabalho e do Emprego. **NR-06 – Equipamentos de Proteção Individual.** Brasília, 2011.
- BRITISH STANDARD. **BS EM 50321:** *Electrically insulating footwear for working on low voltage installations.* Londres, 2000.
- COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **MIT 161703:** Manual de instruções técnicas – Procedimentos de ensaios em ferramentas e equipamentos de linha viva. Curitiba, 2007.

DURAN, José E. R. **Biofísica – Fundamentos e aplicações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

FERNANDES, João C. **RISCOS DA ELETRICIDADE**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/higiene/artigos/5_eletricidade.htm>. Acesso em 04 abr. 2017.

FGV CPDOC. **Anos de incerteza (1930- 1937) Ministério do Trabalho**. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/AEra-Vargas1/anos30-37/PoliticaSocial/MinisterioTrabalho>>. Acesso em 02 mar. 2017.

IFSUL. Física e Eletricidade. Disponível em: <http://uab.ifsul.edu.br/tsiad/conteudo/modulo1/fis/fis_ud/at1/01.html>. Acesso em 31/10/2017.

JUNIOR, Naasson P. de A. **Materiais dielétricos e relações de fronteiras elétricas**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017. Disponível em: <http://www4.feb.unesp.br/dee/docentes/aquino/eletromag_l/eletromag_l_teorica/cap07.pdf>. Acesso em 04 abr. 2017.

LUEBKE, Thomas M.; WIESEMANN, David L. **Hand held non-contact voltage tester**. EUA nº US 5877618 A, 31 jul. 197, 02 mar. 1999.

MCGAVACK, John; TEFFT, Ralph F. **Rubber for electrical insulation and water resistant materials and method of producing the same**. EUA nº US2005382 A, 26 jun. 1931, 18 jun. 1935.

MEHAFFLE, Hugh F. **Voltage tester**. EUA nº US 2075860 A, 13 dez. 1935, 06 abr. 1937.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA70e: Standard for electrical safety requirement for employee workplace**. Quincy, 2015.

OLIVEIRA, Diogo X. P. **Importância das condições de segurança nos trabalhos em tensão**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. Porto, 2013.

OSHA. **Electrical Safety in Workplace**. Occupational Safety and Healthy Administration, Estados Unidos da América, 2018. Disponível em: <https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy09/sh-18794-09/electrical_safety_manual.pdf>. Acesso em 25 mar. 2017

PINTO, Tales dos Santos. **As ferramentas na Pré-história**. 2017. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historiageral/as-ferramentas-na-pre-historia.htm>>. Acesso em 25 mar. 2017.

