

BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE ACIDENTES COM ELETRICIDADE

Eng. Wilson Rogério Carneiro – wcarneiro@sp.senai.br
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI-SP
Rua Elton Silva, 905, Centro
06600-025 – Jandira – SP

Prof. Dr. Gilmar Barreto – gbarreto@dsif.fee.unicamp.br
UNICAMP, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - FEEC
Av. Alberto Einstein, 400, Cidade Universitária Zeferino Vaz
13083-852 – Campinas – SP

Resumo: Acidentes de origem elétrica ocorrem até 5 mil vezes por ano no Brasil, levando a óbito mais de 300 pessoas por ano, os custos com medidas preventivas e corretivas são altos para o País e as sequelas nas vítimas são muitas vezes irreversíveis. Os tipos de acidentes categorizados nesse artigo refletem a maioria dos casos estudados e são aqueles provocados por choque elétrico, por curto circuito e por sobrecarga.

Este artigo apresenta o uso de uma bancada didática concebida como estratégia de ensino para demonstrar as causas e consequências dos principais acidentes envolvendo eletricidade. Essa estratégia pode ser eficiente na conscientização de pessoas técnicas e não técnicas, a partir da simulação real das principais causas e com isso somar a outras ações no combate aos elevados casos de acidentes envolvendo eletricidade.

Esta bancada é de fácil construção e concentra em pouco espaço físico toda uma instalação elétrica residencial e pode ser utilizada nos cursos de engenharia em disciplinas direcionadas a instalações elétricas, bem como palestras e workshops sobre segurança em eletricidade.

Palavras-chave: Bancada didática. Choque elétrico. Acidente.

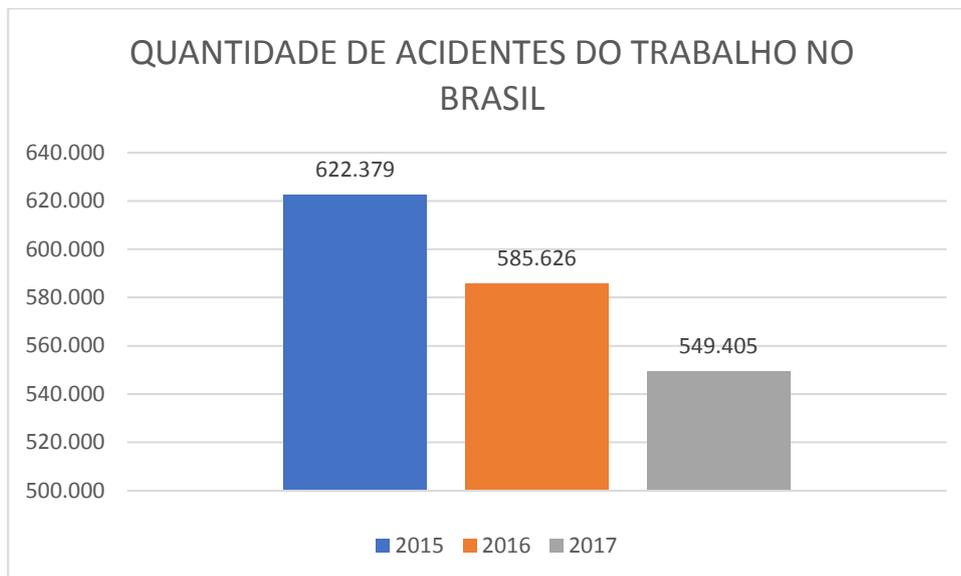
1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma estratégia de ensino que pode ser utilizada para demonstrar as principais causas de acidentes envolvendo eletricidade no Brasil. Esse recurso foi idealizado tendo em vista os preocupantes indicadores de acidentes fatais e não fatais envolvendo eletricidade no País.

Em 2014, o Brasil atingiu o 2º maior índice de mortes em acidentes de trabalho no mundo, totalizando aproximadamente 2660 casos, ficando atrás apenas dos EUA com 4818 casos de morte, (OIT, 2019).

Entre os anos de 2015 e 2017, Figura 1, segundo dados do Ministério do Trabalho e Previdência Social, foram contabilizados um milhão setecentos e cinquenta e sete mil, quatrocentos e dez (1.757.410) acidentes de trabalho, incluindo os acidentes típicos no ambiente de trabalho, os acidentes de trajeto e as doenças do trabalho.

Figura 1 - Gráfico de acidentes de trabalho no Brasil

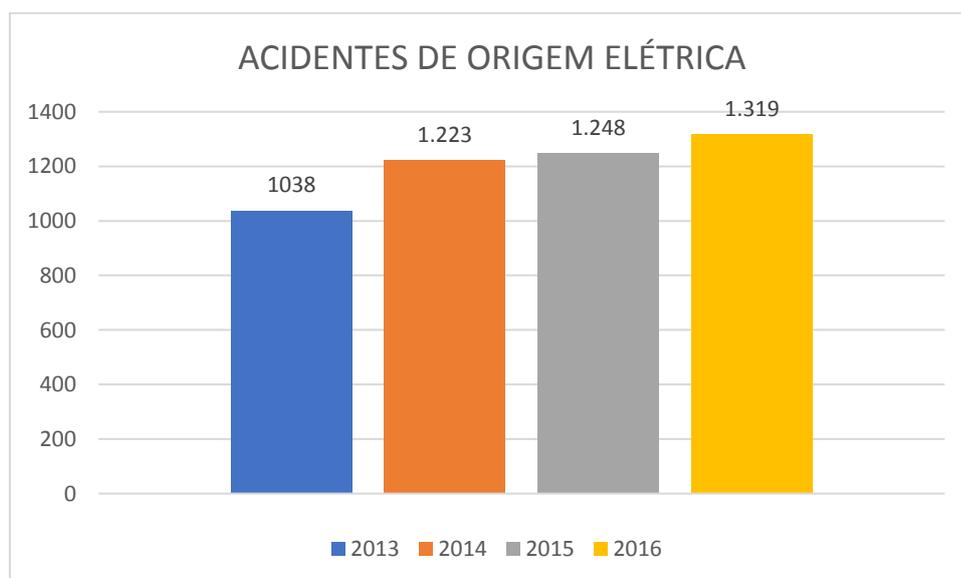


Fonte: DATAPREV, CAT, SUB.

Além do mapeamento de acidentes de trabalho, os acidentes envolvendo eletricidade em decorrência do labor ou não, possuem altos índices no Brasil que comprometem milhões de reais em medidas preventivas e corretivas, além da perda de muitas vidas e sequelas permanentes nas vítimas.

Entre 2013 e 2016 houveram quatro mil oitocentos e vinte oito (4.828) casos de acidentes envolvendo eletricidade, podendo essa quantidade ser até 5 vezes mais, ou seja, aproximadamente 20 mil casos, Figura 2, (ABRACOPEL, 2017).

Figura 2 - Gráfico de acidentes envolvendo eletricidade



Fonte: ABRACOPEL

Muitos acidentes não são relatados ou são auferidos a outras causas que não a eletricidade. Exemplo: ao manusear a rede elétrica em um poste, a pessoa recebe a descarga elétrica e cai, vindo a falecer. Provavelmente, na certidão de óbito a causa será traumatismo craniano devido à queda e não a eletrocussão que gerou a queda. Ou ainda, tomando banho, a pessoa recebe uma descarga elétrica do chuveiro e tem uma parada cardíaca. Esta será a ‘causa mortis’ na certidão, porém a parada foi causada pelo choque elétrico, (CARNEIRO & BARRETO, 2017).

Segundo dados do “Anuário de Acidentes Elétricos” a rede aérea de distribuição é a segunda maior área de concentração de mortes por choque elétrico somando 710 no período de 2013 a 2016, as áreas residenciais concentram os maiores indicadores totalizando 740 no mesmo período.

Em 2018, foram registrados 1.424 casos envolvendo choques, incêndios e descargas elétricas no país, desse total, tivemos: 836 acidentes com choques (59%): 622 não fatais e 214 fatais; 537 incêndios (38%): 475 por sobrecarga/curto-circuito e 61 mortes; 51 ocorreram por conta de raios (3%): 13 descargas elétricas e 38 mortes.

Diversas ações são tomadas por órgão públicos e concessionárias de energia para minimizar esses indicadores, seja por medidas técnicas ou medidas de conscientização dos usuários dos serviços de eletricidade. Para demonstrar as principais causas de acidentes envolvendo eletricidade em residências, três principais categorias foram mapeadas pela ABRACOPEL sobre os acidentes ocorridos no Brasil, sendo CHOQUE ELÉTRICO, DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E CURTOS-CIRCUITOS.

Em pesquisa realizada pela Abracopel e Procobre – Instituto Brasileiro do Cobre, quase todas as casas pesquisadas no Brasil (1100) possuem, ao menos, um item que não atende à norma técnica. As instalações elétricas, no Brasil, não são fiscalizadas de forma incisiva e também não há exigência legal de projetos elétricos aprovados por Engenheiros responsáveis, levando as instalações elétricas a um patamar perigoso. Acidentes ocorrem por descuido, descaso ou desconhecimento. Uma instalação elétrica irregular, certamente é um potencial risco para seus usuários.

A pesquisa em casas realizada em 2016 mostra, por exemplo, que em menos de 30% das instalações pesquisadas houve um projeto elétrico e dentro deste cenário somente 34% foi realizado por profissional habilitado para tal, cerca de 21% possuem DR – Dispositivo Diferencial Residual que atua na proteção contra choques elétricos, (ABRACOPEL, 2017).

A partir dos significativos índices de acidentes envolvendo eletricidade apontados, esse artigo propõe estratégias de ensino que podem ser aplicadas em palestras, workshops, semanas de prevenção de acidentes ou cursos relacionados a área tecnológica. A proposta é ser direcionado tanto ao público técnico quanto não técnico.

2 BANCADA DIDÁTICA

Diversas estratégias podem ser utilizadas para se ensinar ou comunicar algo, aspectos como o nível de desempenho que se espera dos alunos/ouvintes, público alvo, tempo para a atividade e conhecimentos relacionados ao assunto são essenciais para se definir a melhor estratégia de ensino tendo em vista o alcance de um objetivo.

Nesse caso, o objetivo perseguido é demonstrar na prática as principais causas de acidentes envolvendo eletricidade.

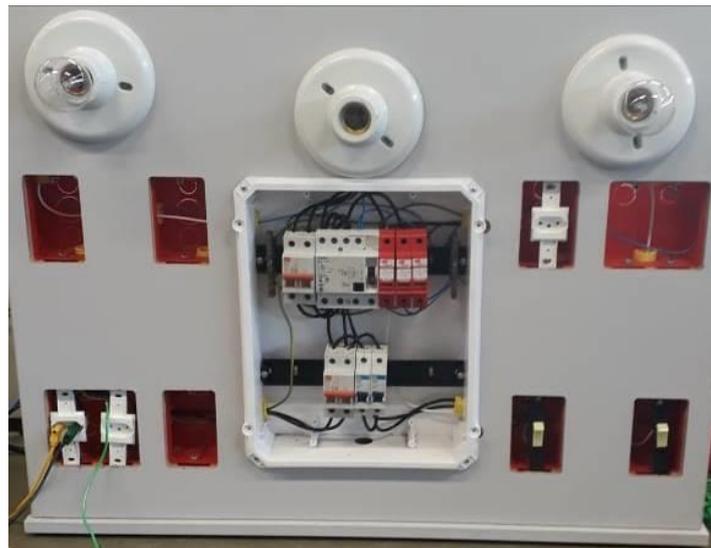
Uma vez definido o objetivo, se pode lançar mão de diversas estratégias de ensino de modo a alcançar, com eficiência uma maior diversidade de público (população em geral, estudantes e profissionais) em um tempo curto e ainda de modo prático. Assim, a estratégia de demonstração

utilizando bancadas didáticas que simulam as principais causas de acidentes envolvendo eletricidade é muito apropriada e tem grande potencial de efetividade.

Para definir quais os tipos de causas de acidentes a demonstrar utilizando a bancada didática, foram avaliados os principais tipos de acidentes mapeados nas estatísticas da ABRACOPEL e concluiu-se por 3 tipos, sendo:

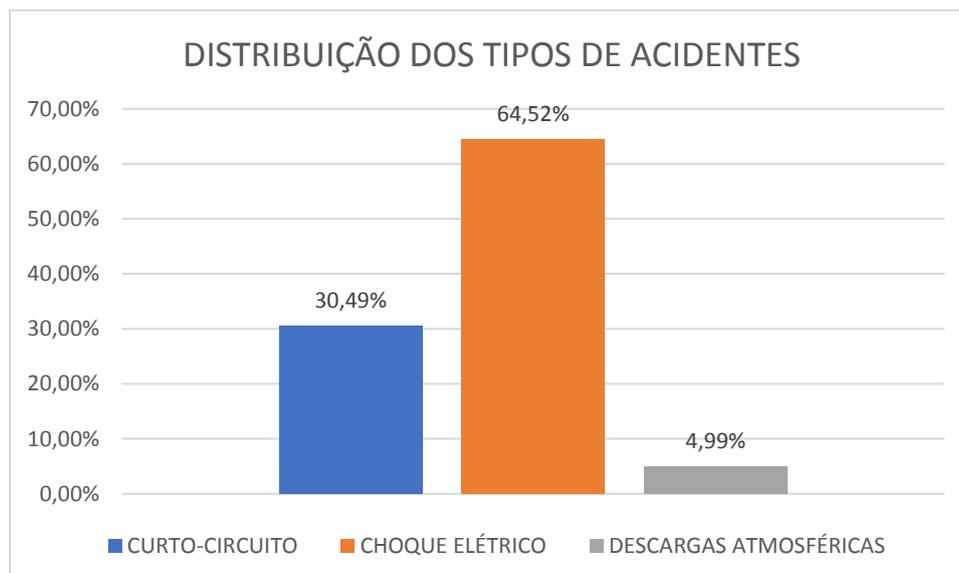
- Curto-circuito;
- Sobrecarga;
- Choque elétrico.

Figura 3 – Bancada didática para simulação de instalação elétrica residencial



Fonte: Própria

Figura 4 – Distribuição dos tipos de acidentes Elétricos



Fonte: ABRACOPEL

A bancada didática utilizada, simula uma instalação elétrica residencial de modo compacto, contemplando os principais componentes, como interruptores, tomadas para uso geral e específico, iluminação e quadro de disjuntores, além dos eletrodutos e caixas de passagem. Esta bancada é de fácil construção e pode ser adotada em diversos cursos de engenharia nas disciplinas de instalações elétricas e/ou segurança do trabalho, Figura 3.

A proposta é aproximar o expectador, por meio da demonstração, à realidade encontrada em uma residência comum, com componentes reais.

Dentre os 4.828 acidentes registrados, 64,52% foram choques elétrico, 4,99% foram descargas atmosféricas e 30,49% foram advindos de curtos-circuitos, Figura 4. O gráfico abaixo apresenta a distribuição gráfica dos acidentes de origem elétrica. Nota-se que os acidentes por choques elétricos ocorrem duas vezes mais que os acidentes gerados por curtos-circuitos, (NOGUEIRA & PAIVA, 2016).

2.1 Ensaio 1 – Curto-circuito

Incêndios em decorrência de curto-circuito e sobrecarga correspondem a 30,49% dos acidentes envolvendo eletricidade.

Neste ensaio é demonstrado o efeito do superaquecimento dos condutores da instalação em função de um curto-circuito. Alguns aspectos foram adotados para o sucesso do ensaio, como limitar a corrente de curto circuito para uma melhor avaliação dos efeitos do superaquecimento e a utilização de fio de níquel cromo para demonstrar o efeito térmico gerado por uma alta corrente elétrica. Foram utilizados para o ensaio:

- Fio de níquel cromo (2m) enrolado em uma madeira para demonstrar o aquecimento;
- Circuito de tomada mau dimensionado com cabo flexível de 1mm²;
- Disjuntor superdimensionado para o condutor;
- Câmera termográfica para demonstrar o superaquecimento do cabo do circuito no interior do eletroduto e no fio de níquel cromo enrolado na madeira, Figura 5.

Figura 4 – Bancada didática montada para ensaio de curto-circuito



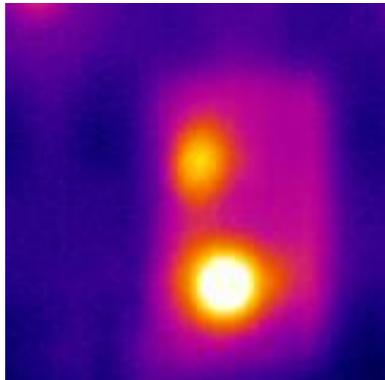
Fonte: Própria

Figura 5 - Detalhe da madeira com fio de níquel cromo



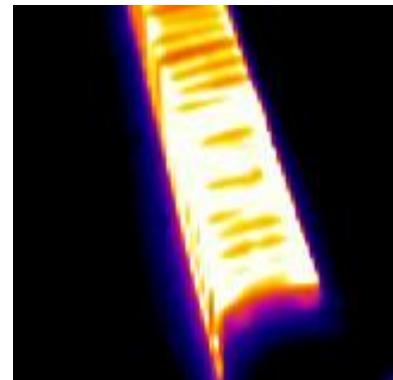
Fonte: Própria

Figura 6 - Imagem térmica do quadro de disjuntores



Fonte: Própria

Figura 7 - Imagem térmica do curto-circuito



Fonte: Própria

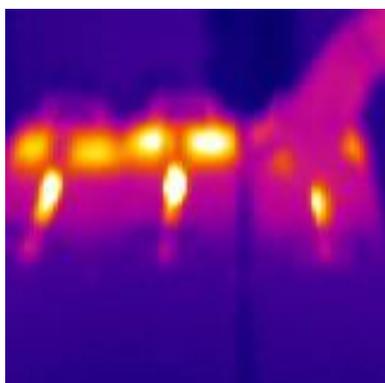
2.2 Ensaio 2 – Sobrecarga

Complementando o ensaio anterior sobre os acidentes por curto circuito e sobrecarga, este ensaio demonstra o efeito do superaquecimento dos condutores de uma instalação elétrica em função de uma sobrecarga, Figuras 6 e 7. Incêndios por sobrecarga nas instalações elétricas são muito comuns atualmente, onde instalações antigas recebem equipamentos atuais de alto consumo, como condicionadores de ar, fornos elétricos, entre outros e não estão preparadas para essa carga.

Para demonstrar o efeito de superaquecimento dos condutores da instalação em função de uma sobrecarga, foi utilizado um equipamento reostato capaz de simular uma carga elevada, com apoio de uma câmera termográfica para visualizar os efeitos da temperatura nos condutores, nos disjuntores e na carga, Figuras 8 e 9. Para esse ensaio, Figura 10, utilizou-se:

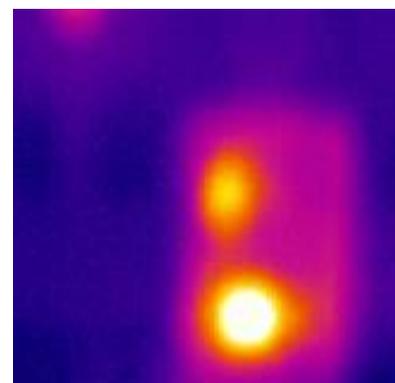
- Reostato;
- Circuito de tomada mau dimensionado com cabo flexível de 1mm²;
- Disjuntor superdimensionado para o condutor;
- Câmera termográfica para demonstrar o superaquecimento do cabo no eletroduto e na carga

Figura 8 - Imagem térmica de superaquecimento na carga



Fonte: Própria

Figura 9 - Imagem térmica de superaquecimento no quadro geral



Fonte: Própria

Figura 10 - Ensaio de sobrecarga



Fonte: Própria

2.3 Ensaio 3 – Choque elétrico

Óbitos em função de acidentes por choque elétrico correspondem a 64,52% dos acidentes envolvendo eletricidade, aproximadamente o dobro quando comparado aos acidentes em decorrência de curto circuito.

A corrente elétrica produz efeitos fisiológicos no corpo humano e o dano varia em função de sua intensidade e frequência do sinal. A tabela abaixo mostra os efeitos da corrente elétrica no corpo humano, considerando uma onda de 60Hz.

Tabela 1 – Consequências do Choque Elétrico.

Intensidade da corrente elétrica	Consequências no ser humano
1 - 10 mA	Sensação de formigamento;
10 - 20 mA	Sensação dolorosa;
10 mA < ou < 20 mA	Dificuldades na respiração pode causar Morte por asfixia;
100 mA >	Fibrilação cardíaca;
200 mA >	Graves queimaduras e parada cardíaca;
1 A >	Queimaduras extremamente graves, necrose dos tecidos, morte é instantânea;

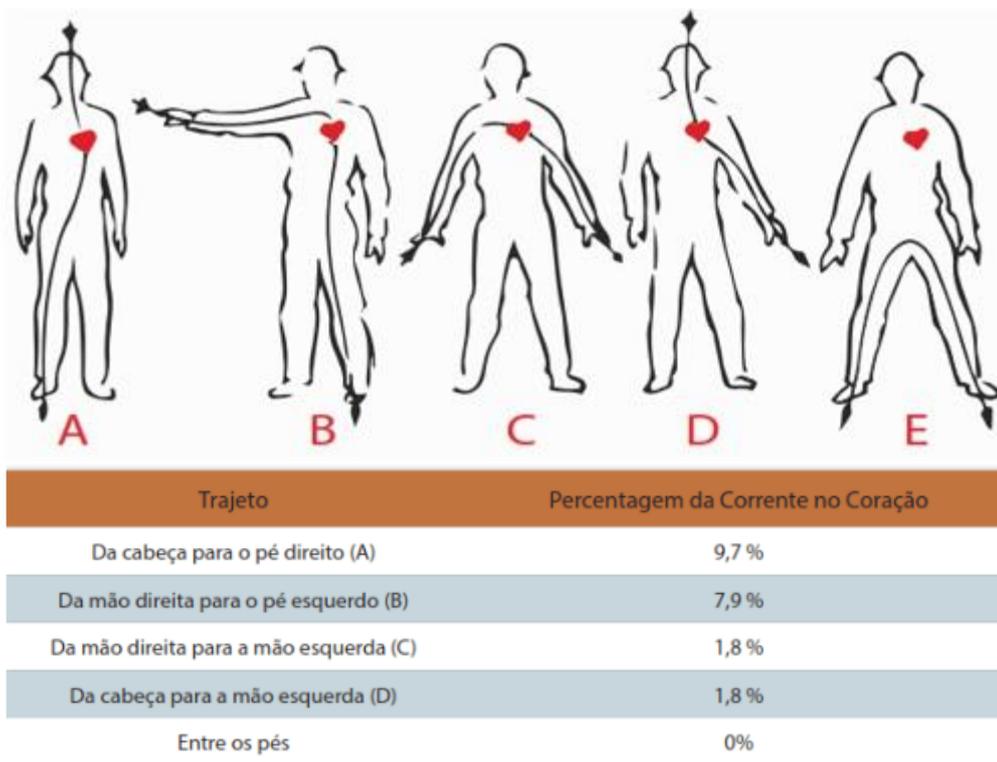
Fonte: Santos, 2018.

O contato com partes energizadas provoca o choque elétrico e os efeitos do choque elétrico no corpo humano depende de diversos fatores, como o caminho que a corrente elétrica faz no corpo humano e a intensidade da corrente elétrica. Para cada um desses dois fatores, diversas

outras condições influenciam, como por exemplo a umidade do corpo humano que pode aumentar a intensidade da corrente elétrica.

O trajeto mais crítico da corrente elétrica pelo corpo humano é o trajeto A e B conforme ilustrado na Figura 11, visto que são os caminhos com maior percentagem de corrente elétrica pelo coração.

Figura 11 - Caminho da corrente elétrica no corpo humano



Fonte: <https://www.junglescoutsgoias.com/choque-eletrico>

O contato pode se dar de forma direta, quando ocorre o contato diretamente com a parte energizada exposta, ou indireta, quando há o contato com as massas metálicas de máquinas ou equipamento que normalmente não estão energizados, mas ficam em função de uma falha.

Neste ensaio é demonstrado o efeito do choque elétrico em circuitos “com” e “sem” dispositivo de proteção diferencial residual, com o valor da corrente elétrica no limiar de percepção, para que o expectador possa experimentar a sensação de um choque elétrico. Para tanto algumas medidas foram tomadas, tendo em vista garantir a segurança do expectador, como a utilização de variador de tensão para fixar a tensão de alimentação em no máximo 50 Vca, valor considerado extra baixa tensão e não oferece risco. Assim, o ensaio é composto por:

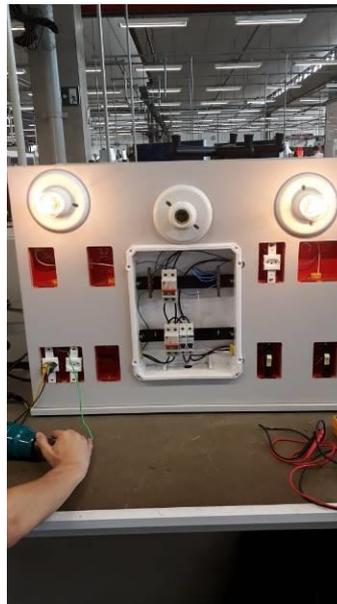
- Circuito sem proteção diferencial residual;
- Circuito com proteção diferencial residual
- Falha no circuito de tomada para viabilizar o choque elétrico;
- Variador de tensão ajustado em 50 VCA;

Figura 12 - Circuito com DR



Fonte: Própria

Figura 13 - Circuito sem DR



Fonte: Própria

Na figura 12, o circuito conta com dispositivo de proteção diferencial residual e ao realizar o contato manual com uma parte energizada, o expectador visualiza a atuação do DR e não sente o choque.

Na figura 13, o circuito não conta com dispositivo de proteção diferencial residual e ao ocorrer o contato manual com a parte energizada, o expectador sente o choque e o circuito não desarma e nesse momento o mediador explora a importância do dispositivo de proteção diferencial residual e as consequências do choque elétrico.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios demonstraram na prática as principais causas de acidentes envolvendo eletricidade.

Nas demonstrações realizadas com grupo de pessoas técnicas e não técnicas foi possível identificar a reação dos expectadores ao visualizar os efeitos de acidentes envolvendo eletricidade e despertar a consciência prevencionista relacionada ao assunto.

O impacto para o expectador ao visualizar a consequência do acidente em tempo real é maior quando comparado a uma foto ou vídeo. Na bancada didática o expectador pode verificar de perto os efeitos, tocar inclusive e sentir um choque, ainda que com pouca intensidade, mas torna dinâmico a iteração do expectador com o assunto e desperta a curiosidade.

Portanto, os ensaios propostos na bancada didática alcançaram seus objetivos.

Esta bancada é de fácil construção e pode ser adotada em diversos cursos de engenharia nas disciplinas de instalações elétricas e ou segurança do trabalho o que irá acrescentar consciência da importância da responsabilidade quando da utilização e manuseio da energia elétrica em nossas instalações.

REFERÊNCIAS

ABRACOPEL. **Anuário Estatístico Brasileiro dos Acidentes de Origem Elétrica 2013-2016**, 2017.

CARNEIRO, W. R. E BARRETO, G. **A Importância do Ensino da Segurança do Trabalho em Eletricidade nos Cursos de Formação Profissional e Acadêmica**. XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – Joinville, SC, 2017.

CARNEIRO, W. R. E BARRETO, G. **A Metodologia de Ensino com Base em Competências no Desenvolvimento de Capacidades Técnicas de Segurança em Eletricidade**. VIII IEEE ESW-Brasil 2017 - A Engenharia Elétrica na Segurança do Trabalho, Itu, SP, out 2017.

CARNEIRO, W. R. E BARRETO, G. **O Ensino Da Engenharia Com Base Em Competências**. XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – Salvador, BA, 2018.

NOGUEIRA, J. L. E PAIVA, R. A. **Tipologia dos acidentes elétricos no Brasil**. Faculdade Estácio do Rio Grande do Norte – Natal, BA, 2018.

MINISTÉRIO DA FAZENDA, **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: AEAT 2017**. [et al.]. – Vol. 1 (2009) – Brasília, 2017. 996 p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL. **NR 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, 2016.

DIDACTIC WORKBENCH FOR SIMULATION OF ACCIDENTS WITH ELECTRICITY

Abstract: *Accidents of electrical origin occur up to 5,000 times a year in Brazil, leading to death over 300 people annually, costs with preventive and corrective measures are high for the country and the sequelae in the victims are often irreversible. The types of accidents categorized in this article reflect most of the cases studied and are those caused by electric shock, short circuit and overload.*

This article presents the use of a didactic workbench designed as a teaching strategy to demonstrate the causes and consequences of major accidents involving electricity. This strategy can be effective in raising the awareness of technical and non-technical people, from the real simulation of the main causes and with that add to other actions in the fight against the high cases of accidents involving electricity.

This workbench is easy to construct and concentrates in a small amount of physical space throughout a residential electrical installation and can be used in engineering courses in disciplines directed to electrical installations, as well as lectures and workshops on electricity safety.

Keywords: *Didactic workbench. Electric shock. Accident.*