



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de
Energia e Automação Elétricas

Manual de Segurança para Laboratórios Didáticos de Eletricidade, Eletrotécnica, Automação, Máquinas Elétricas e Sistemas de Potência

Agosto de 2017

Rev. 1.2

Autores: Comissão de segurança do PEA
Professores do curso de Introdução a Engenharia Elétrica

Última revisão: Prof. Dr. Eduardo Lorenzetti Pellini <elpellini@usp.br>

Sumário

1. Objetivo.....	4
2. Introdução.....	4
3. Choque Elétrico	5
3.1. Tipos de Choques Elétricos	5
3.1.1 Entre uma parte energizada e outra não energizada	5
3.1.2 Entre duas partes energizadas.....	6
3.1.3 Percurso das correntes no corpo humano.....	6
3.2. Efeitos da Corrente Elétrica no Corpo Humano.....	7
3.2.1 Algumas características em corrente alternada na frequência de 60,0 [Hz]	8
3.2.2 Efeitos da corrente em relação ao tempo de exposição para frequências variadas.....	8
3.4. Mitigação de Riscos.....	10
4. Procedimentos de segurança.....	10
4.1. Montagem e execução dos experimentos.....	11
4.1.1. Cuidados gerais	11
4.1.2. Montagem dos circuitos e preparação para energização	12
Energização de circuitos de automação elétrica	12
Energização de circuitos onde há a presença de máquinas elétricas rotativas	12
4.1.3. Cuidados na operação de circuitos energizados.....	13
4.2. Operação dos instrumentos de medição.....	13
4.2.1. Voltímetro - medida de tensão elétrica.....	13
4.2.2. Amperímetro - medida de corrente elétrica	14
4.2.3. Ohmímetro - medida de resistência elétrica	15
4.2.4. Wattímetro de alicate - medida de tensão, corrente e potência ativa	15
4.3. Comportamento em sala	16
4.4. Trajes apropriados e cuidados com objetos pessoais	17
5. Procedimentos de Emergência	18
5.1. Primeiros Socorros	18
5.1.1. Recomendações gerais	18
5.1.2. Queimaduras.....	19
Procedimento para queimaduras	19
5.1.3. Paradas cárdio-respiratórias.....	20
Procedimento de identificação de parada cardíaca	21
Procedimento de identificação de parada respiratória.....	21

Procedimento de respiração artificial.....	22
Procedimento de massagem cárdio-respiratória	23
5.2. Incêndios	23
5.2.1. Mecanismos do fogo e sua prevenção	23
Prevenção da reação em cadeia	24
Procedimento de identificação do princípio de fogo	24
Procedimento de combate ao fogo	25
5.2.2. Plano de emergência contra incêndios.....	26
6. Resumo do atendimento médico e de emergência.....	26
7. Bibliografia	27

1. Objetivo

Este manual é direcionado aos alunos, professores, técnicos e funcionários envolvidos com os laboratórios didáticos e de pesquisa presentes nos departamentos de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. O objetivo desse manual é instruir esse público quanto aos perigos do choque elétrico, além das formas como se comportar e participar das atividades de laboratório, minimizando os riscos de incidentes e acidentes.

Também são apresentados alguns métodos e procedimento de emergência para que seja possível lidar com as situações de risco e prestar os primeiros socorros a vítimas de acidentes de nível leve.

2. Introdução

A melhor maneira de prevenir acidentes com eletricidade é evitar que o corpo das pessoas se torne parte de um circuito elétrico. Entretanto, se isso ocorrer, o choque pode resultar em consequências das mais diversas, desde um simples desconforto, até queimaduras graves e morte.

Um acidente com eletricidade nem sempre está relacionado diretamente ao efeito do choque elétrico, mas sim com situações perigosas que ele pode desencadear. Após um choque, por exemplo, uma pessoa pode perder os sentidos e cair, pode derrubar uma panela com óleo quente na cozinha, pode cair de um andaime, derrubar uma ferramenta em alguém, etc. [1, 2].

O fato da eletricidade ser “invisível” faz com que as chances de ocorrência de acidentes sejam maiores do que comparadas com as de outros riscos físicos, tal com a exposição ao calor, por exemplo. Nos Estados Unidos, somente em ambientes de trabalho, ocorrem mais de 3.000 acidentes (300 deles fatais) causados pela eletricidade [2]. No Brasil, estima-se que o número de acidentes fatais seja bem próximo a esse índice.

Em geral, a grande maioria dessas ocorrências decorre de erro humano, quando um incidente evolui para um acidente, por vezes fatal. E por mais efetivas que sejam as medidas de segurança, sinalização e a manutenção dos equipamentos e locais envolvidos com eletricidade, o risco de erro humano nunca consegue ser eliminada por completo. Entretanto, esse risco pode, e deve, ser minimizado [2], [3].

O uso da eletricidade exige, do consumidor e do profissional da área, precauções para diminuir o risco associado à negligência por falta de conhecimento. Portanto, as pessoas devem ser informadas sobre os riscos a que estão expostas, conhecer os efeitos e as medidas de segurança.

As ações e medidas de segurança propostas neste documento têm apenas caráter informativo, isentando qualquer responsabilidade relativa à execução dos procedimentos aqui informados.

Mesmo nas dependências da Universidade, recomenda-se que acidentes com vítimas em estado grave e/ou perda de consciência sejam atendidos pelos seguintes serviços especializados de emergência, a saber:

- Corpo de Bombeiros - 193
- SAMU - 192
- Polícia - 190

3. Choque Elétrico



O choque elétrico é a perturbação, de natureza e efeitos diversos, que se manifesta no organismo humano quando este é percorrido por uma corrente elétrica [4]. É a passagem de uma corrente elétrica através do corpo, utilizado como condutor. O nível de tensão mais perigoso é o de baixa tensão (até 220 volts ou [V]), pois a quantidade de pessoas expostas é muito maior do que no nível de altas ou médias tensões. Além disso, a quantidade de leigos expostos a esse nível de tensão é muito grande.

3.1. Tipos de Choques Elétricos

O choque elétrico ocorre apenas quando o contato é feito entre dois pontos (ou contatos) do circuito com tensão distinta, ou seja, quando uma tensão é aplicada através do corpo humano. Existem diversas formas de um o corpo humano ser inserido como condutor nestes dois pontos do circuito elétrico.

3.1.1 Entre uma parte energizada e outra não energizada

Este choque elétrico pode ocorrer, por exemplo, ao toque em uma das fases e, ao mesmo tempo, no fio neutro ou no fio terra (ou ao chão, estando descalço). Nesta condição a corrente pode atravessar o coração. A pessoa será submetida a uma tensão de 110 ou 127 [V].

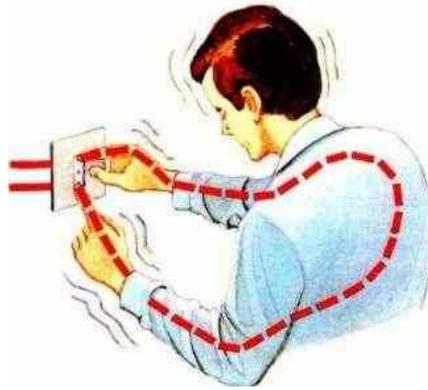


Fig. 3.1 – Caminho percorrido pela corrente durante choque elétrico ao toque das mãos em dois contatos distintos.

3.1.2 Entre duas partes energizadas

Este choque elétrico é muito semelhante ao do item anterior. Ocorre, porém, quando duas fases distintas e energizadas são tocadas por duas partes distintas do corpo da pessoa. A tensão à qual a pessoa é submetida é maior do que no caso anterior (em geral, até 220 [V]). Desta forma, a corrente que percorrerá o corpo também é maior, e pode provocar danos mais sérios, tendo maior probabilidade de passar pelo coração.

3.1.3 Percurso das correntes no corpo humano

O caminho que a corrente elétrica percorre através do corpo humano está ligado diretamente às consequências físicas do choque. Mais detalhes serão dados na seção 3.2.

A) Passando entre os dedos da mesma mão: como mostrado na Fig. 3.2. Nessa situação não há risco de morte, mas o acidente pode produzir queimaduras e até a perda dos dedos (dependendo da tensão e do tempo de exposição).



Fig. 3.2 Percurso da corrente entre os dedos de uma mesma mão.

B) Entrando por uma mão e saindo pela outra: Como mostrado na Fig. 3.2, esse é o evento mais perigoso, pois a corrente atravessa o tórax inteiro, podendo causar parada cardíaca ou respiratória.



Fig. 3.3 Percurso da corrente através do tórax por ocasião de contato entre mãos.

C) Entrando por uma mão e saindo por um dos pés: como mostrado na Fig. 3.4, a corrente atravessa parte do tórax, centros nervosos e diafragma. Pode causar fibrilação ventricular e asfixia, como também a parada cardíaca. O condutor no pé da pessoa pode ser o próprio chão, o qual está no mesmo nível de tensão do fio terra ou o fio neutro.



Fig. 3.4 Percurso da corrente entre uma mão e um pé.

D) Entrando por um pé e saindo pelo outro: como mostrado na Fig. 3.5, a corrente atravessa o pé, coxas, pernas e abdômen. É um caminho com menos perigo que os anteriores, mas os órgãos abdominais e os músculos dos membros inferiores podem sofrer sérias perturbações.



Fig. 3.5 – Percurso da corrente quando do contato entre dois pés.

Fonte das imagens desta subseção: www.portalsaofrancisco.com.br [5].

3.2. Efeitos da Corrente Elétrica no Corpo Humano

Os efeitos causados por choques elétricos podem ser reversíveis ou irreversíveis. A intensidade da corrente elétrica 'I' pode ser facilmente determinada pela lei de Ohm, $I = E/Z$, sendo E a

intensidade da tensão elétrica ou diferença de potencial, e Z a impedância total do circuito (e não apenas do corpo humano). Porém, a impedância predominante é a do corpo quando se trata de um circuito de potência, cuja impedância interna é bem pequena.

Em frequências baixas, a impedância do corpo humano é essencialmente resistiva. Em tensões baixas (geralmente até 110,0 ou 220,0 [V]), o fator mais significativo que limita a corrente pelo corpo humano é a resistência de contato. A resistência da pele humana varia bastante em diferentes partes do corpo, e de indivíduo para indivíduo, sendo que a pele seca pode ter uma resistência entre 100.000 à 300.000 ohms por centímetro quadrado, porém, quando úmida, pode chegar a 1% deste valor.

Experimentos como os de Dalziel [3] demonstraram que mais de 99,5 [%] da população pode, voluntariamente, deixar passar até 6,0 [mA] pelo corpo. Conforme este valor se eleva, entretanto, outros efeitos vão surgindo, tais como: as pessoas podem ficar grudadas aos condutores pela contração involuntária dos músculos ou pela incapacidade de se mover, podem sofrer parada respiratória (acima de 18,0 [mA]), e pode haver um aumento da possibilidade de fibrilação ventricular (acima de 30,0 [mA]). Caso a fibrilação ventricular (tipo de arritmia cardíaca) ocorra, o ritmo cardíaco da vítima deve ser reestabelecido pelo uso do desfibrilador. Se isso não for realizado, como consequência, poderá ocorrer a morte por parada cardíaca [1],[2].

3.2.1 Algumas características em corrente alternada na frequência de 60,0 [Hz]

- Na faixa de 6,0 a 22,0 [mA], quase todas as pessoas perderão a habilidade de interromper a passagem da corrente por vontade própria.
- A impedância do corpo humano de uma mão à outra (Fig. 3.3) varia entre 850 a 2675 ohms, resultando em correntes entre 45 e 140 [mA] para tensões até 120 [V]. **Ou seja, a corrente mais baixa já é suficiente para provocar fibrilação ventricular.**
- Para 220 [V], esta impedância diminui, variando entre 575 a 1.050 ohms, pois a pele é rompida pela passagem da corrente.
- A impedância do corpo pode sofrer uma redução de 10 [%] a 30 [%] para o percurso mão-pé (Fig. 3.4).
- Corrente contínua tem efeitos aproximadamente 4 vezes menos severos do que aqueles choques ocasionados pela corrente alternada para uma mesma magnitude de corrente.

3.2.2 Efeitos da corrente em relação ao tempo de exposição para frequências variadas

Nas frequências entre 15 a 100 Hz, a intensidade de um choque elétrico, basicamente, depende dos seguintes fatores:

- Nível de tensão;
- Resistência do corpo humano;
- Frequência da fonte elétrica;
- Percurso da corrente;
- Duração da exposição à corrente.

A relação dos efeitos da corrente e do tempo de exposição à sua passagem é mostrada na Fig. 3.6.

As características de cada zona de efeito mostrada na Figura são discutidas a seguir [2]:

- Zona AC-1 (até 0,5 [mA], curva a) é a zona onde a corrente passante é percebida, em geral, sem reação alguma;
- Na Zona AC-2 (de 0,5 [mA] até curva b) a corrente é percebida e já aparecem contrações musculares involuntárias, porém sem efeitos fisiológicos nocivos;
- Na Zona AC-3 (acima da curva b) ocorrem contrações musculares de grandes intensidade e disfunções reversíveis do coração, sendo intensificados com o aumento da magnitude da corrente. Usualmente, sem provocar injúria;
- Na Zona AC-4 (acima da curva c1) efeitos patofisiológicos podem ocorrer, como parada cardíaca, parada respiratória, queimaduras e outras injúrias celulares. A probabilidade de ocorrência de fibrilação ventricular (FV) aumenta com a magnitude da corrente e do tempo de exposição. Dentro da faixa AC-4.1, a pessoa tem até 5% de chance de ter FV, na faixa AC-4.2 até 50% de chance, e na AC-4.3 acima de 50% de chance.

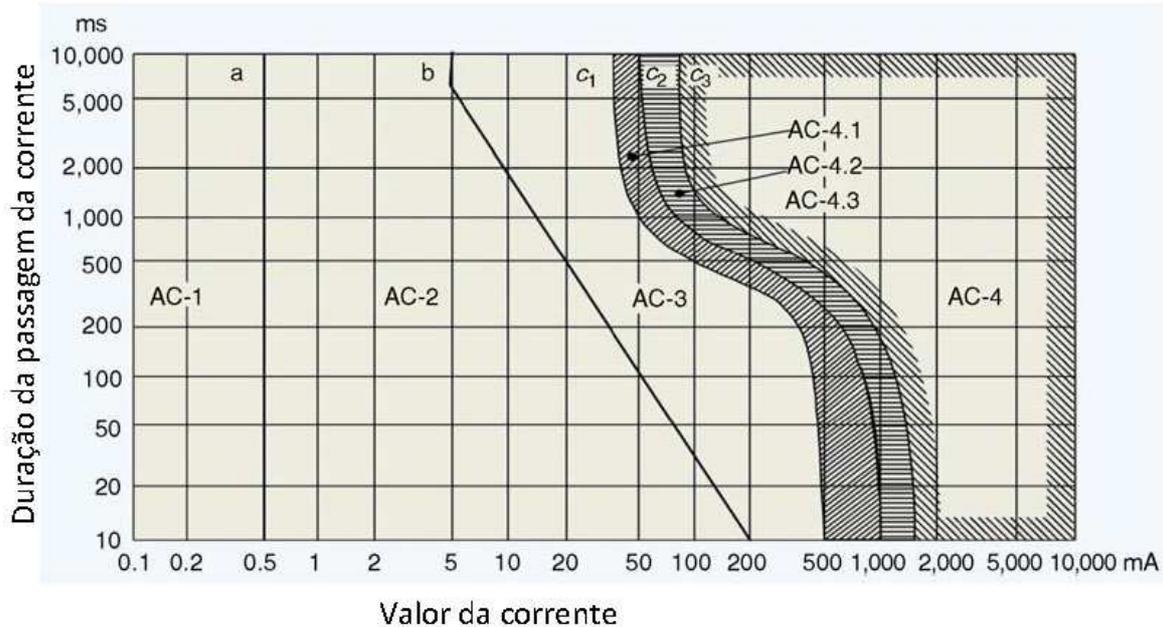


Fig. 3.6 Zonas de efeito da corrente alternada (15-100 Hz) em uma pessoa, cuja corrente atravessa seu corpo entrando pela mão esquerda e saindo pelo pé.

3.4. Mitigação de Riscos

Existem formas de diminuir os riscos de ocorrência de acidentes com eletricidade. Muitos deles dependem da simples informação das pessoas, porém outras podem ser adotadas com o uso adequado de equipamentos específicos. Algumas são citadas abaixo:

- Desenergizando a instalação durante montagem de circuitos;
- Instalação de disjuntores diferenciais residuais (DR) para proteção contra correntes de fuga que circulam pela terra, com sensibilidade de alguns miliamperes;
- Utilização de equipamentos de segurança individual ou coletiva;
- Isolação de contatos expostos.

4. Procedimentos de segurança

Esta seção tem por objetivo apresentar aos alunos os procedimentos para a condução segura dos experimentos nos laboratórios didáticos do departamento. Nos itens a seguir são apresentados: as práticas corretas para a montagem e execução dos experimentos; os equipamentos de medição utilizados nesses laboratórios, bem como as recomendações para sua utilização; considerações acerca do comportamento em sala de aula; e recomendações quanto aos trajes apropriados nessas ocasiões.

4.1. Montagem e execução dos experimentos

A montagem e a execução dos experimentos devem ser conduzidas de forma a garantir a segurança de todos. Para tanto, há cuidados que devem ser seguidos por todos os alunos quanto à preparação dos experimentos, montagem dos arranjos experimentais e execução do roteiro de laboratório.

4.1.1. Cuidados gerais

- Deve-se manter a bancada de trabalho limpa e organizada. Além de tudo, esse procedimento auxilia a visualização dos circuitos elétricos que compõem as montagens experimentais e pode facilitar a identificação de eventuais erros;
- Os circuitos elétricos devem ser montados de modo a facilitar a compreensão dos respectivos esquemas elétricos. A organização das bancadas e das montagens dos circuitos é de grande importância na prevenção de acidentes.
- O trabalho com ferramentas, equipamentos e demais instrumentos de laboratório deve ser conduzido após a obtenção de instruções adequadas sobre o seu funcionamento. Devem-se utilizar esses dispositivos de acordo com suas especificações de uso. Sendo assim, antes de efetuar montagens experimentais certifique-se de que está utilizando corretamente esses equipamentos e recursos;
- Antes de manusear os circuitos elétricos que compõem as montagens experimentais deve-se verificar se os mesmos estão desenergizados (fontes de alimentação desligadas e capacitores descarregados, por exemplo). Para tanto, utilize o voltímetro conforme descrito no item 4.2.1 para verificar se há potência elétrica em corrente contínua ou alternada nos cabos e circuitos.
- Deve-se verificar previamente a adequação dos condutores e contatos elétricos utilizados em montagens experimentais, particularmente nas montagens sujeitas à circulação de corrente elétrica de magnitude elevada. Os terminais deve estar bem presos, bornes bem inseridos, parafusos bem atarraxados;
- Todos os alunos integrantes de cada equipe de laboratório devem conferir com atenção as conexões elétricas efetuadas nas suas respectivas montagens experimentais. A checagem da montagem por um colega diferente do que fez as conexões é importante para se assegurar a qualidade e o funcionamento do sistema.

4.1.2. Montagem dos circuitos e preparação para energização

- Antes de iniciar a montagem dos circuitos elétricos deve-se verificar o estado geral dos instrumentos de medição, condutores e terminais de conexão;
- Deve-se proceder com a montagem das conexões elétricas dos circuitos, com o painel de alimentação desligado;
- Visto que nos laboratórios didáticos é usual que haja mais de um valor de tensão disponível nas bancadas, deve-se verificar o valor correto da tensão de alimentação dos circuitos elétricos antes de colocá-los em funcionamento. Cuidado para não interligar de forma inadvertida as diferentes fontes existentes;
- Devem-se verificar os circuitos elétricos de forma minuciosa antes de colocá-los em funcionamento. Além disso, antes de energizar a bancada e as montagens experimentais, a equipe de alunos deve solicitar a autorização do professor;
- O aluno responsável pela energização dos circuitos elétricos das montagens experimentais deve informar a todos os integrantes da sua equipe o momento em que pretende energizá-los.

Energização de circuitos de automação elétrica

- Deve-se proceder com a montagem dos circuitos de comando, sinalização e de força, separadamente;
- Em seguida, deve-se energizar o circuito de comando e, com o circuito de força desligado, deve-se verificar se a lógica pretendida está corretamente implementada e se a sinalização funciona corretamente;
- Em seguida, deve-se proceder com a energização dos demais circuitos.

Energização de circuitos onde há a presença de máquinas elétricas rotativas

- Antes de energizar a máquina em vazio, deve-se certificar que o eixo mecânico está livre para executar o movimento de giro;
- Antes de se energizar uma máquina rotativa, deve-se atentar para a região de proteção em torno de seu eixo, mancais, e de seus acoplamentos mecânicos, para verificar se não há objetos indesejados nas imediações, tais como: cordões, pessoas com cabelos soltos, gravatas, cadarços soltos, correntinhas, joias, tecidos, e etc.

-
- Antes de energizar uma máquina rotativa em carga, deve-se certificar que seu acoplamento ou a conexão mecânica esteja segura, firme, e livre para girar.

4.1.3. Cuidados na operação de circuitos energizados

- Não se devem alterar as conexões dos elementos que compõem os circuitos elétricos (máquinas, transformadores, etc.) quando esses circuitos estiverem energizados, a não ser por orientação do professor ou técnico responsável. A manobra de elementos energizados, que possuem características indutivas, pode produzir sobretensões elevadas, faíscas e descargas;
- Não se deve desconectar e/ou conectar terminais de fios condutores dos elementos que compõem os circuitos elétricos ou dos instrumentos de medida, pois sua outra extremidade pode permanecer energizada e oferece risco de choque elétrico;
- Especificamente para o caso de circuitos com máquinas elétricas rotativas, não se deve tentar segurar, nem mesmo tocar o eixo mecânico em rotação. Antes de tocar o eixo deve-se assegurar de que o mesmo encontra-se parado e que a máquina encontra-se desligada.

4.2. Operação dos instrumentos de medição

A operação dos instrumentos de medição normalmente é feita com os circuitos energizados e, portanto, são necessários cuidados no seu manuseio.

A figura 4.1 ilustra um instrumento, denominado multímetro, capaz de efetuar medidas de tensões, correntes e resistências elétricas.

Nos itens a seguir são descritos os instrumentos de medição comumente utilizados nos laboratórios didáticos do departamento

4.2.1. Voltímetro - medida de tensão elétrica

Atente às seguintes recomendações:

- Antes de iniciar a medida de tensão elétrica, deve-se verificar se a mesma não ultrapassa a capacidade máxima do instrumento utilizado na escala (μV , mV ou V) e natureza escolhida (corrente alternada – AC ou corrente contínua – DC);
- Em seguida, deve-se desenergizar o circuito antes de proceder com a conexão do voltímetro, exceto sob instrução explícita do professor ou técnico responsável;

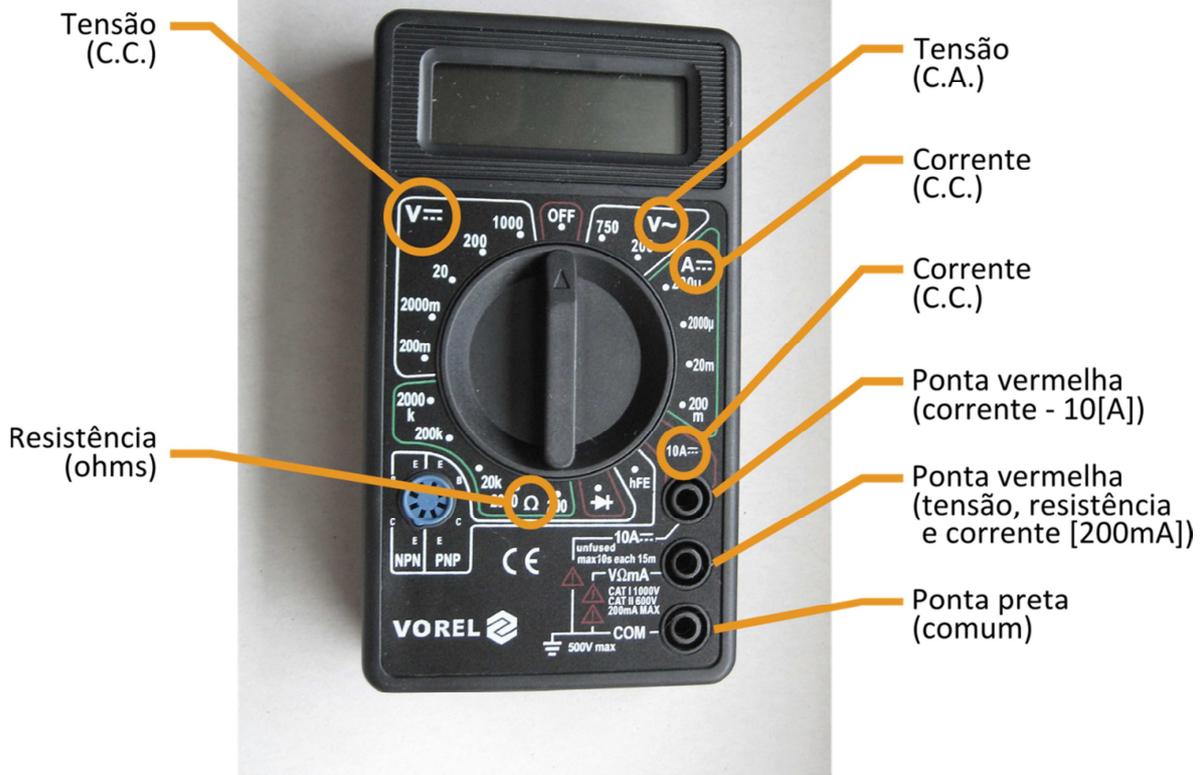


Fig. 4.2 – Multímetro de uso geral com funções típicas de medição de tensão, corrente, resistência, entre outras.

- Deve-se seleccionar no instrumento o tipo de tensão a ser medida (AC ou DC), a partir da chave seletora do voltímetro;
- Após a seleção do tipo de tensão a ser medida, deve-se estimar o seu valor médio e seleccionar a escala adequada no instrumento. Caso não seja possível efetuar essa estimativa prévia, deve-se posicionar a chave seletora do equipamento em sua escala de máxima amplitude (por exemplo, 200 V) e reduzindo-a conforme a necessidade;
- Devem-se conectar as pontas de prova do instrumento nos pontos do circuito elétrico onde se deseja efetuar a medição e, com o circuito energizado, pode-se proceder com a leitura.

4.2.2. Amperímetro - medida de corrente elétrica

Atente às seguintes recomendações:

- Antes de iniciar a medida de corrente elétrica deve-se verificar se a mesma não ultrapassa a capacidade máxima do instrumento utilizado;

-
- Em seguida, deve-se desenergizar o circuito antes de proceder com a conexão do amperímetro;
 - Deve-se selecionar no instrumento o tipo de corrente a ser medida (AC ou DC), a partir da chave seletora do amperímetro;
 - Após a seleção do tipo de corrente a ser medida, deve-se estimar o seu valor médio e selecionar a escala adequada no instrumento. Caso não seja possível efetuar essa estimativa prévia, deve-se posicionar a chave seletora do equipamento em sua escala de máxima amplitude (por exemplo, 20 A) e reduzindo-a conforme a necessidade;
 - Deve-se conectar as pontas de prova do instrumento em série com o ramo do circuito elétrico onde se deseja efetuar a medição e, com o circuito energizado, pode-se proceder com a leitura.

4.2.3. Ohmímetro - medida de resistência elétrica

Atente às seguintes recomendações:

- Deve-se desenergizar o circuito antes de proceder com a conexão do ohmímetro;
- Deve-se estimar o valor da resistência a ser medida e selecionar a escala adequada no instrumento. Caso não seja possível efetuar essa estimativa prévia, deve-se posicionar a chave seletora do ohmímetro na sua escala máxima, reduzindo-a posteriormente ao valor ideal para medida;
- Deve-se conectar as pontas de prova do instrumento em paralelo com o elemento do circuito elétrico que se deseja efetuar a medição de resistência, com o elemento desconectado do circuito, a menos que se deseje efetuar a medição da resistência equivalente de uma parte desse circuito.
- **ATENÇÃO: NÃO SE ENERGIZA QUALQUER CIRCUITO OU COMPONENTE NO QUAL SE DESEJA MEDIR SUA RESISTÊNCIA.**

4.2.4. Wattímetro de alicate - medida de tensão, corrente e potência ativa

O wattímetro é um instrumento de medição capaz de medir tensão eficaz, corrente eficaz e potência ativa em circuitos elétricos. A figura 4.2 ilustra um wattímetro de alicate utilizado em laboratório.

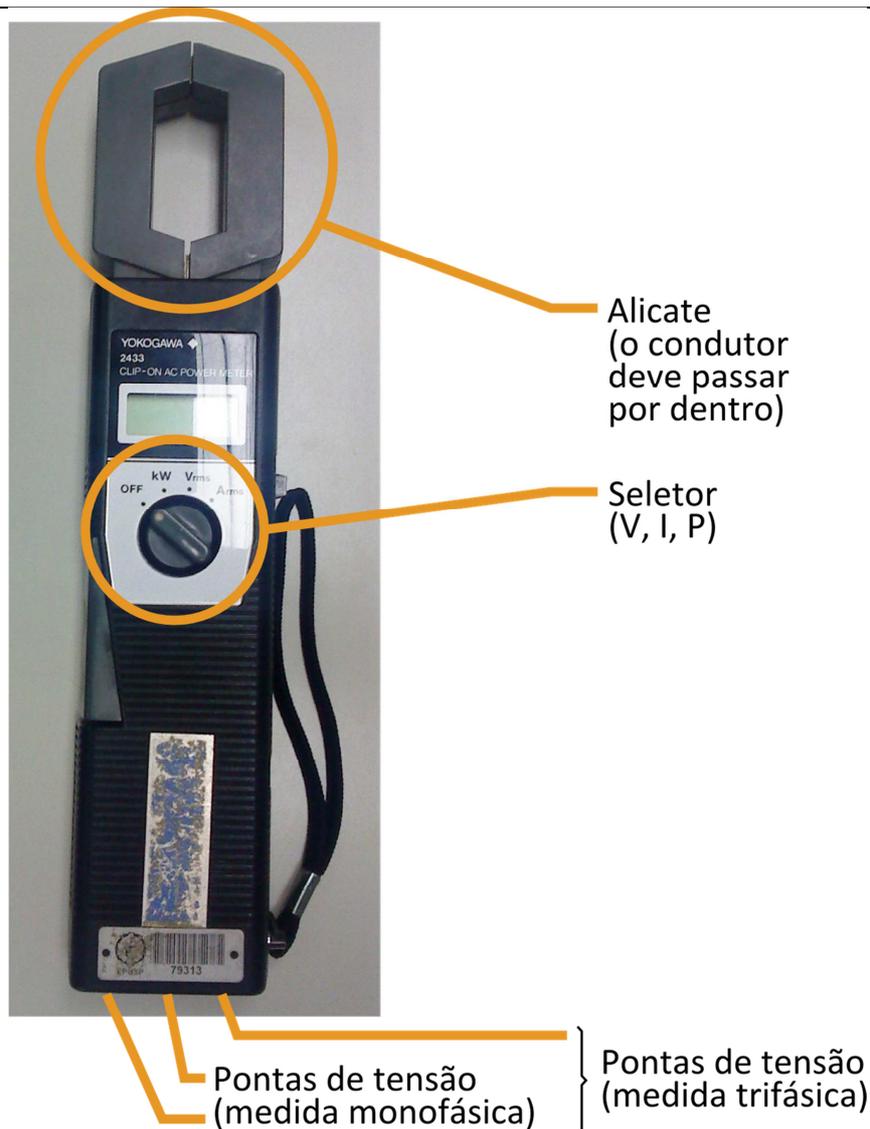


Fig. 4.2 – Wattímetro de alicate.

O procedimento para conexão das pontas de prova do wattímetro de alicate, para medida de tensão, é o mesmo descrito no item 4.2.1.

Para que seja possível efetuar a medida de corrente deve-se proceder com a abertura do alicate do wattímetro para que o condutor onde se pretende efetuar a medição de corrente possa ser “abraçado” pelo alicate.

4.3. Comportamento em sala

Além do fator técnico a respeito dos instrumentos e procedimentos para medições e montagens, deve-se atentar ao fator humano decorrente da ocupação dos espaços dos laboratórios e a interação com colegas, funcionários e professores.

Deve-se atentar aos seguintes pontos:

-
- Cortesia, respeito e colaboração contribuem para o bom andamento dos procedimentos experimentais e são aliados importantes na prevenção de acidentes;
 - A distração ocasionada por brincadeiras, músicas e barulhos durante a montagem e a execução dos experimentos é perigosa, pois pode provocar graves acidentes. Portanto, deve-se evitar qualquer tipo de brincadeira ou distração no ambiente dos laboratórios didáticos;
 - Não se deve ingerir bebidas alcoólicas e/ou medicamentos, que possam alterar os níveis de consciência, antes e durante a montagem e execução dos experimentos. Essas substâncias podem alterar os reflexos e, portanto, predispõem aos acidentes. Além disso, o cansaço também é um fator importante e pode causar sonolência e também predispor aos acidentes;

4.4. Trajes apropriados e cuidados com objetos pessoais

Parte das recomendações de segurança abordam aspectos individuais de vestimenta e postura no ambiente de laboratório, tais como:

- Deve-se comparecer no ambiente com calçado fechados, tipo sapato ou tênis, preferencialmente com solado de borracha, e nunca com chinelo, sandálias ou calçados abertos;
- Não se deve trabalhar com calçados ou qualquer outro traje úmido;
- Deve-se prender o cabelo comprido antes de iniciar a montagem e execução dos experimentos, para se evitar que o mesmo entre em contato com partes energizadas e/ou fique preso em algum dispositivo em movimento (eixo de máquinas elétricas rotativas, por exemplo). Esse cuidado pode prevenir acidentes gravíssimos, como um escalpo, por exemplo;
- Deve-se dar preferência ao uso de camisas de mangas curtas, pois mangas compridas podem se prender em algum dispositivo em movimento (eixo de máquinas elétricas rotativas, por exemplo). Além disso, paletós abertos, correntes, objetos pendentes no pescoço e/ou pulsos, bem como outros objetos que possam trazer o mesmo risco, devem ser retirados antes da montagem e execução dos experimentos;

-
- Não devem ser utilizados trajes que possuam capuz e/ou cordões de amarrar, cachecóis, echarpes, gravatas e acessórios similares, para evitar que sejam presos em partes rotativas ou móveis dos experimentos.

5. Procedimentos de Emergência

Nessa seção são apresentados tópicos para orientar os alunos, técnicos e docentes, no caso da ocorrência de emergências nas dependências dos laboratórios didáticos do Departamento e da Escola. Essas orientações foram baseadas nas recomendações do Ministério da Saúde, FIOCRUZ [6] e Corpo de Bombeiros [7].

5.1. Primeiros Socorros

O socorro às vítimas é uma obrigação moral, e sua omissão é caracterizada como crime, previsto no código penal brasileiro em seu artigo 135. Uma pessoa que presencie um acidente deve prestar socorro às vítimas, seja por habilidade própria, seja pela mobilização de agentes especializados caso ela não se sinta apta a prestar os primeiros socorros.

A expressão “Primeiros Socorros” significa o atendimento imediato e provisório, prestado a uma pessoa vítima de um acidente ou de um mal súbito, geralmente prestado no local do acidente, enquanto o paciente não pode ser encaminhado para um tratamento médico especializado e definitivo. Quando aplicados com eficiência, os primeiros socorros significam a diferença entre: a vida e a morte, a recuperação rápida e a hospitalização longa ou, a invalidez temporária e a invalidez permanente.

Para isso deve-se agir com rapidez, porém sem precipitação, mantendo-se a calma e evitando-se o pânico. Deve-se procurar organizar as competências e habilidades das demais pessoas ao redor para que não ocorra confusão. As vítimas devem ser atendidas de forma coerente, priorizadas pela gravidade de suas injúrias, de forma a zelar pela vida enquanto os pacientes não podem ser definitivamente direcionados ou atendidos pelos serviços especializados de emergência (Corpo de Bombeiros - 193, SAMU - 192 ou Polícia - 190).

5.1.1. Recomendações gerais

Na ocasião de acidentes não tão graves, as vítimas podem ter sofrido escoriações, hematomas, cortes, contusões e luxações, oriundos de quedas ou outros tipos de incidentes. Nesses casos, além da comunicação da ocorrência ao responsável (professor, técnico ou funcionário), devem ser aplicados os primeiros socorros, envolvendo usualmente a limpeza, imobilização,

estaqueamento, entre outros procedimentos de conhecimento geral, que podem ser vistos com detalhes em [6].

Entretanto, deve-se ressaltar que nos laboratórios didáticos com atividades envolvendo eletricidade (com equipamentos energizados, partes móveis e superfícies quentes), em função de choques elétricos, abertura de arcos, faíscamento, derretimento de materiais e outros tipos de incidentes, as injúrias causadas nas vítimas possuem agravantes, desde a perda dos sentidos, o ofuscamento da visão, queimaduras de diversos graus, até paradas cárdio-respiratórias. Nesses casos, a conduta apropriada é importante para a reanimação, a recuperação e para vida da vítima. Esses casos específicos são tratados a seguir.

5.1.2. Queimaduras

É qualquer ferimento provocado pela ação do calor, frio, eletricidade ou substância química sobre o organismo. São classificadas em três tipos:

- Queimaduras de 1º grau - vermelhidão (lesões de camadas superficiais da pele).
- Queimaduras de 2º grau - vermelhidão e bolhas (lesões de camadas mais profundas da pele).
- Queimaduras de 3º grau - destruição de tecidos que podem estar escuros ou esbranquiçados (lesões de todas as camadas da pele, comprometimento dos tecidos mais profundos, órgãos e nervos).

Deve-se atentar que nos acidentes com choques elétricos, a identificação preliminar do tipo de queimadura pode ser dificultada (e o grau da queimadura subestimado), uma vez que a queimadura pode ter ocorrido internamente nos tecidos e membros da vítima, sem exposição aparente ou maiores evidências externas.

Procedimento para queimaduras

O atendimento aos casos de queimaduras deve ser feito da seguinte forma:

1. Identifique o tipo e a extensão das queimaduras na vítima.
2. Em casos de grande área afetada, queimaduras muito severas (terceiro grau) ou queimadura com materiais perigosos (produtos químicos), chame imediatamente o socorro especializado (Corpo de Bombeiros - 193, SAMU - 192 ou Polícia - 190).
3. Retire a roupa da vítima que não estiver grudada. Caso esteja grudada, não retire, pois podem ser ocasionadas lesões mais graves.

-
4. Retire objetos da vítima que possam ser removidos, tais como correntes, relógios, etc. Se estiverem grudados, não os retire.
 5. Se a queimadura for por substância sólida, retire o excesso com pano seco. Proteja a si mesmo durante o processo.
 6. Lave em água corrente e limpa, abundantemente e sem fazer pressão, as áreas queimadas e arredores, para aliviar a dor e retirar o excesso de calor e de substâncias químicas.
 7. Proteja o local afetado com um pano limpo e molhado em água limpa.

5.1.3. Paradas cardíaco-respiratórias

No caso específico de paradas cardíaco-respiratórias, a urgência e o tempo de atendimento são vitais para a sobrevivência, recuperação e minimização de sequelas nas vítimas. Como mostrado em [8], as chances de salvamento de uma vítima de choque elétrico com parada cardíaco-respiratória diminuem com o passar do tempo. Como mostrado na Tabela 5.1, por exemplo, após 4 minutos, aumentam-se as chances de sequelas devido à morte cerebral.

Tabela 5.1 - Chances de salvamento em função do tempo de atendimento.

Tempo decorrido após o choque	Chances de salvamento ou reanimação [%]
1,0 minuto	95,0
2,0 minutos	90,0
3,0 minutos	75,0
4,0 minutos	50,0
5,0 minutos	25,0
6,0 minutos	1,0
8,0 minutos	0,5

Devido a essas evidências, a identificação de uma vítima de choque elétrico que sofreu parada cardíaco-respiratória (PCR) é prioritária, assim como a aplicação dos corretos procedimentos de reanimação.

É importante ressaltar que pode ter havido apenas a parada respiratória, ou então a parada tanto cardíaca quanto respiratória. Em qualquer caso, o procedimento correto é inicialmente identificar a parada cardíaca e, em caso afirmativo, providenciar de imediato a reanimação da vítima com massagem cárdio-respiratória. Caso o coração da vítima esteja com batimentos normais, deve-se então verificar o caso de parada respiratória e, em caso afirmativo, providenciar a respiração artificial.

Quando se fazem necessários, tais procedimentos devem ser executados continuamente, até a chegada da equipe médica especializada, ou até que a pessoa recobre a consciência, os batimentos cardíacos e a respiração normais.

Procedimento de identificação de parada cardíaca

Para identificar que o paciente não possui atividade cardíaca, deve-se checar as seguintes condições:

1. Verificar se a vítima não responde a estímulos externos, tais como o chamar pelo nome, ou a resposta a pequenos tapas no rosto.
2. Verificar a ausência de batimento cardíaco, seja por auscultação do coração ao encostar o ouvido no tórax do paciente, através de apalpamento do pulso ou da veia carótida próximo ao pomo de adão ou “gó-gó”, ou através da constatação da ausência de movimentos de contração da pupila frente às variações de intensidade de luz.

Caso AMBAS as condições acima sejam verificadas (inconsciência e ausência de batimentos cardíacos), deve-se proceder **IMEDIATAMENTE** aos procedimentos de **REANIMAÇÃO COM RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL E MASSAGEM CARDÍACA** além da chamada dos serviços de emergência especializados (Corpo de Bombeiros - 193, SAMU - 192 ou Polícia - 190).

Procedimento de identificação de parada respiratória

Se o paciente possuir atividade cardíaca, deve-se identificar se o paciente possui ou não atividade respiratória, checando as seguintes condições:

1. Verificar se a vítima não responde a estímulos externos, tais como o chamar pelo nome ou a resposta a pequenos tapas no rosto.
2. Verificar se não há atividade pulmonar, movimento do tórax ou outros sinais de respiração, por exemplo, aproximando seu rosto próximo ao nariz da vítima para tentar sentir o fluxo de ar da inspiração e expiração da mesma.

Caso ambas as condições acima sejam verificadas (inconsciência e ausência de respiração), deve-se proceder **IMEDIATAMENTE** aos procedimentos de **REANIMAÇÃO COM RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL**, além da chamada dos serviços de emergência especializados (Corpo de Bombeiros - 193, SAMU - 192 ou Polícia - 190).

Procedimento de respiração artificial



Para vítima sem atividade respiratória perceptível e sem resposta a estímulos, o procedimento para reanimação através de respiração artificial é:

1. Deite a vítima de costas com os braços estendidos ao longo do corpo.
2. Reestabeleça uma boa posição para as vias respiratórias, colocando uma mão na nuca do paciente e a outra na testa, e inclinando a cabeça da vítima para trás.
3. Verifique se não há obstrução das vias aéreas pelo engolimento de dentaduras, aparelhos dentários e outros artefatos, ou até mesmo pelo enrolamento ou engolimento da língua. Caso haja obstrução, proceda com o afastamento ou remoção de quaisquer objetos que possam impedir o fluxo respiratório.
4. Com o polegar e o indicador aperte e tampe o nariz da vítima, para evitar a saída do ar.
5. Encha os seus pulmões de ar.
6. Cubra a boca da vítima com a sua boca, não deixando o ar escapar, e direcione seu olhar para o peito da vítima.
7. Sopre até ver o peito da vítima se erguer.
8. Solte as narinas e afaste os seus lábios da boca da vítima para deixar o ar dos pulmões sair naturalmente.
9. Repita esta operação, na razão de 13 a 16 vezes por minuto. Se estiver cansado, faça o revezamento com outra pessoa.
10. Continue aplicando este método até que a vítima respire por si mesma.

Após aplicada a respiração artificial, por aproximadamente 1 minuto sem que a vítima dê sinais de vida, CUIDADO, poderá tratar-se de um caso de parada cardíaca E respiratória. Verifique o pulso da vítima e proceda à massagem cardio-respiratória se necessário.

Procedimento de massagem cárdio-respiratória



Caso não haja atividade cardíaca, o procedimento de reanimação através de massagem cardio-respiratória consiste em aplicar a RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL descrita anteriormente, COMBINADA com a MASSAGEM CARDÍACA, executada da seguinte forma:

1. Esta massagem deve ser aplicada sobre o coração da vítima, que está localizado no centro do tórax, entre o esterno e a coluna vertebral.
2. Colocar as suas duas mãos sobrepostas na metade inferior do esterno da vítima.
3. Pressionar, com vigor suficiente, de forma a fazer o centro do tórax da vítima abaixar de 3 a 4 cm. Somente uma parte da mão deve fazer pressão, e os dedos devem ficar levantados do tórax.
4. Repetir a operação, intercalando a cada 15 massagens cardíacas, 2 manobras de respiração artificial, até a chegada de um médico.
5. Se estiver cansado, reveze a atividade com outra pessoa.

5.2. Incêndios

É importante para os alunos, docentes e funcionários conhecer os mecanismos de criação e propagação do fogo para que seja possível prevenir incêndios e outros acidentes. Além disso, é imprescindível que se conheça o plano de emergência contra incêndios.

5.2.1. Mecanismos do fogo e sua prevenção

O fogo é causado pela combinação de três fatores: comburente, combustível, e calor.

O comburente é o ar ambiente, que quando possui concentração de oxigênio acima de 15% já permite a combustão de um material. O combustível é o material que alimenta o processo de

combustão. A fonte de calor é aquela energia responsável por ativar o processo de combustão, quando a temperatura alcança um nível suficiente para que o combustível comece a reagir quimicamente com o comburente.

Algumas fontes importantes de calor em laboratórios são: o calor produzido pelo atrito de mancais em máquinas rotativas, reações químicas e o calor produzido pela energia elétrica através do efeito Joule em condutores e resistências.

Especificamente nos laboratórios didáticos de engenharia elétrica, é comum utilizarmos condutores e materiais isolantes nas montagens. Em circunstâncias normais, tais elementos são mantidos em suas temperaturas nominais, abaixo de seus patamares máximos admissíveis. Entretanto, no caso de curto-circuitos e outros eventos de sobrecarga, os materiais condutores podem alcançar uma temperatura muito elevada, **MUITO RAPIDAMENTE**, quando então podem iniciar um princípio de incêndio através da queima e combustão dos materiais isolantes e de outros materiais presentes nas imediações.

Nesses casos, é importante que o usuário identifique o princípio do incêndio e possa tomar as medidas necessárias para evitar sua propagação.

Prevenção da reação em cadeia

A prevenção básica dos incêndios é manter os três elementos (comburente, combustível e fonte de calor) afastados. Como o controle do comburente (ar) não é possível, a forma mais simples é manter os materiais combustíveis longe das fontes de calor. O objetivo é evitar que ocorra um princípio de fogo ou incêndio.

Entretanto, identificado um princípio de fogo, deve-se evitar que ocorra sua propagação, e a criação da reação em cadeia responsável por realimentar o processo, gerando mais calor e consumindo cada vez mais material combustível, fugindo do controle e produzindo um grande incêndio.

Procedimento de identificação do princípio de fogo

As principais formas de identificação de um princípio do fogo são a presença de um ou mais dos seguintes fatores:

- Fumaça e gases.
- Excesso de calor.
- Chamas.

-
- Degradação ou mudança de estado físico de materiais (derretimento, oxidação rápida ou formação de cinzas).

Identificado um ou mais desses fatores, deve-se iniciar seu combate, removendo ou afastando um dos três elementos formadores do fogo. Caso o fogo se estabeleça, deve rapidamente localizar a natureza do fogo e a classe do incêndio através do tipo de material que pode estar participando como combustível. As classes de incêndio compreendem:

- Classe A: Materiais sólidos, como papel e madeira.
- Classe B: Materiais líquidos e gases inflamáveis.
- Classe C: Incêndios de equipamentos elétricos.
- Classe D: Metais combustíveis.
- Classe K: Óleos e gorduras.

Para cada classe, existem extintores apropriados para o combate ao fogo.

Deve-se atentar que nos laboratórios didáticos da Eng. Elétrica a ocorrência mais provável é o fogo em equipamentos elétricos. Nesses casos deve-se empregar extintores portáteis de pó-químico seco e, principalmente, gás carbônico CO₂.

Procedimento de combate ao fogo

Uma vez identificado um princípio de fogo, deve-se adotar o seguinte procedimento:

1. Alertar e comunicar imediatamente o responsável (docente, técnico ou funcionário) para que sejam tomadas medidas de segurança, como evacuação e contato com a brigada de incêndio e corpo de bombeiros (CoBom 193).
2. Desligar ou desenergizar as fontes de energia elétrica.
3. Retire outros materiais combustíveis do local para evitar a propagação.
4. Utilizando os extintores adequados, faça o combate inicial ao princípio de fogo.
5. Se o fogo não puder ser contido, proteja-se da fumaça e do calor e procure as rotas e saídas de emergência.
6. Mantenha a calma durante a evacuação e preste socorro às vítimas.
7. Se o fogo puder ser contido e extinto, deve-se afastar da área para evitar a inalação de gases, fumaças e outros fumos.

5.2.2. Plano de emergência contra incêndios

Conforme as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, as instalações devem possuir um plano de emergência contra incêndios [2], onde são definidos os procedimentos básicos de emergência, tais como:

- O mapeamento das áreas de risco e os mecanismos para emissão de alertas para os ocupantes da edificação, em caso de detecção de incêndio.
- A forma de identificação de um incêndio e a forma de contato para o apoio externo do Corpo de Bombeiros, seja por meio de um brigadista ou através de contato direto via telefone (CoBom 193).
- As formas e mecanismos de abandono e isolamento de área em caso de necessidade.
- As formas e mecanismos de combate aos incêndios.

As informações sobre o mapeamento de riscos em cada ambiente e rotas de fuga estão disponíveis nos quadros de aviso da CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes). É importante que para cada ambiente do Departamento, o usuário esteja ciente de quem é o brigadista responsável, além de saber as rotas para evacuação do prédio no caso de incêndio.

6. Resumo do atendimento médico e de emergência

Em todos os casos que houver necessidade de atendimento médico ou de emergência a vítimas, avalie a situação e proceda da seguinte forma:

- Em casos graves, chame imediatamente o SAMU no telefone 192; o Corpo de Bombeiros no telefone 193; ou a Polícia Militar no telefone 190. Forneça o endereço correto:

Prédio de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP

Avenida Prof. Luciano Gualberto - travessa 3, Nº 158

Edifício da Engenharia Elétrica

CEP 05508-010

Butantã - Cidade Universitária

São Paulo – SP

- Caso os serviços especializados de emergência tenham sido chamados, comunique-se com os funcionários e seguranças no saguão da Engenharia Elétrica para que se proceda à

liberação de acesso para as ambulâncias ou veículos de emergência às dependências da Escola.

- Em casos menos graves, se a vítima estiver consciente e puder ser movida, proceda com seu deslocamento até o Hospital Universitário, no setor de pronto socorro.

7. Bibliografia

- [1] Bombeiros Emergência, “*Choque Elétrico*”, (Acessado em 02/07/2012, endereço: <http://www.bombeirosemergencia.com.br/choqueeletrico.html>).
- [2] Driscoll, T. ; Hamer, P.S. ; Panetta, S.A.R., “Mitigating Electric Shock and Arc-Flash Energy: A Total System Approach for Personnel and Equipment Protection”, *IEEE Industry Application Magazine*, vol.18, no.3, pp. 48-56, 2012.
- [3] Dalziel, C. F., “Electric Shock Hazard, *IEEE Spectrum Magazine*, vol.9, no.2, pp. 41-50, 1972.
- [4] Kindermann, G., Campagnolo, J.M., “Aterramento elétrico”, 3ª Edição, Ed. Sagra – D.C. Luzzatto, Porto Alegre, 1995.
- [5] Portal São Francisco, Choque Elétrico, disponível em <http://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/choque-eletrico>. Último acesso em Janeiro de 2017.
- [6] Fundação Oswaldo Cruz e Ministério da Saúde, “*Manual de Primeiros Socorros*”, Rio de Janeiro, 2003.
- [7] Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública, Polícia Militar do Estado de São Paulo, Corpo de Bombeiros, “*Instruções técnicas N° 16, N° 20, N° 21, N° 41/2011 - Plano de emergência contra incêndio*”, 2011.
- [8] UNESP, “Segurança em Eletricidade: Normas de Conduta em Experimentos com Risco Potencial de Acidente”, CIPA – Comissão interna de prevenção de acidentes, Ilha Solteira, 2006.