



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

VICTOR HUGO DE FREITAS MORALES

**MANUTENÇÃO E SEGURANÇA ELÉTRICA HOSPITALAR:
APLICAÇÃO E GERENCIAMENTO DE MEIOS DE PROTEÇÃO E
MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS**

Uberlândia
2017

VICTOR HUGO DE FREITAS MORALES

**MANUTENÇÃO E SEGURANÇA ELÉTRICA HOSPITALAR:
APLICAÇÃO E GERENCIAMENTO DE MEIOS DE PROTEÇÃO E
MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de graduação no curso de Engenharia Biomédica oferecido pela Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador Prof. Dr. Sérgio Ferreira de Paula Silva

Uberlândia
2017

VICTOR HUGO DE FREITAS MORALES

**MANUTENÇÃO E SEGURANÇA ELÉTRICA HOSPITALAR:
APLICAÇÃO E GERENCIAMENTO DE MEIOS DE PROTEÇÃO E
MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de graduação no curso de Engenharia Biomédica oferecido pela Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Trabalho avaliado pela banca examinadora composta por:

Uberlândia, 3 de Agosto de 2017.

Prof. Dr. Sérgio Ferreira de Paula Silva – UFU/MG

Profa. Dra. Selma Terezinha Milagre – UFU/MG

Prof. Sérgio Ricardo de Jesus Oliveira – UFU/MG

Uberlândia
2017

Dedico este trabalho primeiramente a meus pais, pelo incentivo e apoio em todos os momentos. A meus amigos e orientadores, essenciais e sempre presentes ao longo desta jornada. A colegas de profissão, interessados e fiéis, pois tudo se alcança quando batalhamos e confiamos em Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela constante presença em minha vida, pela saúde e pela sabedoria que me guiaram a esta vitória.

Aos meus pais, Cláudio e Fátima, ao meu irmão, Felipe, e à minha namorada, Lidiane Rodrigues; por todo o apoio, amor, paciência e energia, pois mesmo distantes, sempre se fizeram presentes, essencial para esta conquista.

A todos os meus amigos, em especial, Luís Cruz, Roger Pires, Homero de Castro e Natália Policena; pelo apoio diário, incentivo e companheirismo.

A todos os professores e funcionários do curso de Engenharia Biomédica e da Faculdade de Engenharia Elétrica, em especial, Prof. Dr. Adriano Pereira, Profa. Dra. Selma Milagre, Prof. Sérgio Ricardo e João Batista de Melo; por todo o ensinamento, paciência, orientação, conselhos e amizade ao longo da graduação.

Ao Prof. Dr. Sérgio Ferreira, pela orientação, amizade, disponibilidade e generosidade em compartilhar seus conhecimentos para o sucesso deste trabalho.

“Art. 196. A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.”

*Constituição da República Federativa do Brasil
(BRASIL, 1988).*

RESUMO

A Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar garante segurança elétrica a todas as pessoas e instrumento dentro do Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS), sendo o choque elétrico o principal acidente objeto de prevenção. A admissão de modernos equipamentos elétricos revolucionou os serviços de assistência à saúde, trazendo diversos benefícios no auxílio a diagnóstico em saúde e no tratamento de debilidades. Contudo, os avanços tecnológicos progressivamente aumentam a complexidade técnica dos instrumentos e submetem cada vez mais pacientes e operadores a situações de maior risco. Para certificação e preservação da segurança elétrica hospitalar, é necessário adequar uma série de parâmetro de manutenção e segurança às diversas exigências normativas e regulamentares, envolvendo dispositivos de proteção e medidas de segurança aplicados a infraestrutura predial, a instalações elétricas, a equipamentos, máquinas, aparelhos e procedimentos. Diversas e extensas são as normas, regulamentos e leis a respeito do tema, dificultando a completa compreensão e o emprego adequado dos requisitos normativos. Este trabalho teve por objetivo reunir tais arquivos, revisá-los e desenvolver um documento menos técnico e mais geral, ilustrativo e demonstrativo para que junto a uma adequada política de manutenção e segurança, tal documento auxilie gestores de EAS e gerentes dos setores de Engenharia Clínica e Engenharia Hospitalar em uma completa e comprovada aplicação e gerenciamento das diversas ações que envolvem a Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar; garantindo longevidade da vida útil e qualidade no desempenho funcional dos diversos instrumentos, bem como proteção aos pacientes, equipes médica e técnica e terceiros. Este documento foi confeccionado em quatro capítulos, da generalidade às especificações técnicas de segurança aplicadas às instalações e aos equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar; estabelecimento assistencial de saúde (EAS); meios de proteção; medidas de segurança; instalações elétricas; equipamentos eletromédicos.

ABSTRACT

Hospital Electrical Safety and Maintenance guarantees electric safety to the people and the instruments within Health Care Establishments, mainly preventing accidents related to electric shock. The incorporation of modern electrical equipment has revolutionized health care services, benefiting diagnosis and treatment of weaknesses. Despite the benefits, technological advances progressively increase instruments' technical complexity, subjecting increasingly patients and operators over higher risk situations. To certificate and preserve electrical safety, it is necessary to adapt a couple of maintenance and safety parameters to regulatory requirements, including protection devices and measures to safe applied to infrastructures, electrical installations, equipment, machines, appliances and procedures. There are many and extensive rules, regulations and laws on the subject, making it difficult to fully understand and apply all the requirements. The purpose of this paper was to gather such files, revise them and develop a less technical and more general, illustrative and demonstrative document aiming to assist EAS managers and Clinical and Hospital Engineers in a correct application and management of the several actions which involve Hospital Electrical Safety and Maintenance, ensuring instruments' life longevity and quality to their functional performance, as well as protection to patients, medical and technical staff and third parties. This document was divided in four chapters, from generality to technical safety specifications, applied to installations and equipment.

Keywords: Hospital Electrical Safety and Maintenance; health care establishment; protection devices; measures to safe; electrical installations; electro-medical equipment.

LISTA DE SIGLAS

ABIMO	Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACCE	<i>American College of Clinical Engineering</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BEP	Barramento de Equipotencialização Principal
BEL	Barramento de Equipotencialização Local
BSI	<i>British Standards Institution</i>
CASF	Condição Anormal sob Uma só Falha
CE	Comissões de Estudo
CIPA	Comissões Internas de Prevenção de Acidentes
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CN	Condição Normal
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
COBEI	Comitê Brasileiro de Eletricidade
DR	Dispositivo de Proteção a Corrente Diferencial Residual
DSI	Dispositivo Supervisor de isolamento
DST	Dispositivo Supervisor de Transformador
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
ECG	Eletrocardiografia
EB	Baixa Tensão
EBT	Extra-Baixa Tensão
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção individual
EUA	Estados Unidos da América
GMG	Grupo Motor Gerador
HCU-UFU	Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISA	<i>International Federation of the National Standardizing Associations</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LEP	Ligação Equipotencial Principal
LEL	Ligação Equipotencial Local
NBR	Norma Brasileira
NOTIVISA	Sistema Nacional de Notificações para a Vigilância Sanitária
NR	Norma Regulamentadora
NSP	Núcleo de Segurança do Paciente
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PE	Condutor de Proteção
PNSP	Programa Nacional de Segurança do Paciente
PROEQUIPO	Programa de Equipamentos Odonto-médico-hospitalares
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RMS	<i>Root Mean Square</i> (Valor Eficaz)
RPA	Recuperação Pós-Anestesia
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
SBAC	Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade
SESMT	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho
TS	Transformador de Separação
UNSCC	<i>United Nations Standards Coordinating Committee</i>
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
WHO	<i>World Health Organization</i>

LISTA DE ABREVEATURAS

U	Tensão nominal fase-fase	(Potencial Elétrico)
U _o	Tensão nominal fase-neutro	(Potencial Elétrico)
U _c	Tensão de contato	(Potencial Elétrico)
U _L	Tensão de contato limite	(Potencial Elétrico)
V	Volt	(Potencial Elétrico)
mV	Milivolt	(Potencial Elétrico)
kV	Kilovolt	(Potencial Elétrico)
V _{c.c.}	Tensão contínua	(Potencial Elétrico)
V _{rms}	Valor médio da tensão alternada	(Potencial Elétrico)
I _A	Corrente auxiliar através do paciente	(Corrente Elétrica)
I _a	Corrente de atuação	(Corrente Elétrica)
I _F	Corrente de fuga para o terra	(Corrente Elétrica)
I _P	Corrente de fuga através do paciente	(Corrente Elétrica)
I _T	Corrente de toque	(Corrente Elétrica)
I _n	Corrente nominal	(Corrente Elétrica)
I _{DR}	Corrente diferencial-residual	(Corrente Elétrica)
I Δ _n	Corrente diferencial-residual nominal de atuação	(Corrente Elétrica)
A	Ampere	(Corrente Elétrica)
μ A	Microampere	(Corrente Elétrica)
mA	Miliampere	(Corrente Elétrica)
c.a.	Corrente alternada	(Corrente Elétrica)
c.c.	Corrente contínua	(Corrente Elétrica)
VA	Voltampere	(Potencia)
kVA	Quilo-voltampere	(Potencia)
Ω	Ohm	(Impedância/Resistência)
m Ω	Mili-ohm	(Impedância/Resistência)
k Ω	Quilo-ohm	(Impedância/Resistência)
M Ω	Mega-ohm	(Impedância/Resistência)
s	Segundo	(Tempo)

bpm	Batimento por minuto	(Frequência)
Hz	Hertz	(Frequência)
kHz	Quilo-hertz	(Frequência)
MHz	Mega-hertz	(Frequência)
°C	Grau Celsius	(Temperatura)
mm	Milímetro	(Espaço em 1 Dimensão)
cm	Centímetro	(Espaço em 1 Dimensão)
mm ²	Milímetro quadrado	(Espaço em 2 Dimensões)
cm ²	Centímetro quadrado	(Espaço em 2 Dimensões)
Dr.	Doutor	
v.s.	Versus	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Histórico	16
1.2	Objetivo	18
1.3	Apresentação do Conteúdo.....	19
2	SEGURANÇA EM SERVIÇOS DE SAÚDE.....	22
3	CHOQUE ELÉTRICO	24
4	INFRAESTRUTURA E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS HOSPITALARES	26
5	EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS	28
6	CONCLUSÃO.....	30
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

O Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) é a empresa destinada à prestação de uma variedade de serviços cujo objetivo final é a promoção da saúde da população, envolvendo medidas de prevenção a doenças, realização de exames de auxílio ao diagnóstico em saúde, cuidados e tratamentos para reabilitação de pacientes, e até mesmo a realização de procedimentos estéticos, assistência social e acompanhamento psicológico. Tais atividades requerem o uso contínuo e constante de diversos instrumentos médicos, incluindo infraestruturas, instalações, equipamentos, aparelhos e suprimentos específicos; devendo estar sempre prontos, disponíveis e apostos para uso imediato, durante 24 horas por dia. Interrupções durante um procedimento ou o retardamento em sua disponibilidade podem levar a desfechos graves, ou até mesmo fatais. Portanto, a manutenção na área médico-hospitalar se faz requisito fundamental para promoção e preservação da segurança dentro do estabelecimento, envolvendo pessoas, materiais e procedimentos. Uma das ideias mais difundidas ao longo deste trabalho é justamente a indissociabilidade que a manutenção tem com a segurança, pois manutenção e segurança em serviços de saúde complementam-se (BRASIL, 2002; KARMAN, 2011; SOUZA, HERINGER, *et al.*, 2010; KARMAN, 2011).

De acordo com o Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde (CNES) (apud SOUZA, HERINGER, *et al.*, 2010), os tipos mais tradicionais de EAS são: postos de saúde, unidades básicas de saúde, policlínicas e hospitais (gerais ou especializados); sendo este último o mais completo. Segundo Karman (2011, p. 40), de modo geral, “[...] hospital é considerado um dos empreendimentos mais complexos sob o ponto de vista arquitetônico, de engenharia, de instalações, de equipamentos e de segurança, bem como de tecnologia e de administração”. Por isto, o termo comumente utilizado para referir à segurança de EAS, independentemente de sua complexidade, é “segurança hospitalar”.

A manutenção e segurança hospitalar é abrangente, atuante em diversas áreas para garantir proteção contra incêndios, proteção química, mecânica, radiológica, controle de infecções e acidentes elétricos. Diversos são os esforços da comunidade científica e técnica para minimização dos riscos e ampliação da segurança elétrica pelo EAS. A partir disto, foi elaborada uma variedade de padrões, regulamentos, leis e normas técnicas para aumentar a qualidade dos serviços médicos prestados e assegurar máxima proteção contra agentes causadores de acidentes elétricos. Tais padrões são aplicados a instalações elétricas e a infraestrutura hospitalar, bem como a máquinas, aparelhos e equipamentos elétricos, eletrônicos e eletromédicos – equipamento elétrico destinado a diagnóstico, tratamento ou monitoração do

paciente; ou a compensação e alívio de doenças, ferimentos ou invalidez; utilizado sempre sob supervisão médica (ABNT, 2008; ABNT, 2016; ANVISA, 2003).

1.1 Histórico

Nas últimas décadas houve um crescimento exponencial de equipamentos elétricos e eletrônicos aplicados à prática médica, tanto em nível de quantidade quanto de complexidade tecnológica; ampliando áreas do conhecimento de Engenharia e Medicina e revolucionando os procedimentos de assistência à saúde. Contudo, a inclusão dos novos e sofisticados instrumentos também ampliou a quantidade de riscos elétricos por todo o EAS (SOUZA, HERINGER, *et al.*, 2010).

Em 26 de Maio de 1971, o Dr. Samuel Dwane Thomas, então residente em urologia no Hospital Episcopal dos Estados Unidos da América (EUA), estava realizando uma cirurgia denominada prostatectomia transuretral e utilizava um equipamento eletromédico conhecido como ressectoscópio. Repentinamente, durante a cirurgia, o meio destinado a proteção elétrica do instrumento falhou, e o Dr. Thomas sofreu uma severa queimadura por choque elétrico em seu olho direito (UNITED STATES OF AMERICA, 1976).

Ainda nos EUA, em 1983 foram relatados mais de 1.000.000 de incidentes elétricos na prática médica, dos quais 200.000 envolveram alguma forma de negligência (erro humano ou erro instrumental). Já em 1989, o uso intensivo dos equipamentos eletromédicos resultou em mais de 10.000 acidentes à população estadunidense, sendo que o desfecho foi a morte de 1 a cada 10 envolvidos. Na mesma década, especialistas suecos analisaram mais de 300 equipamentos eletromédicos alegados de causar acidentes durante procedimentos médicos. Os pacientes e/ou membros da equipe médica sofreram danos fisicamente severos ou vieram a óbito. Segundo o estudo, verificou-se que 21% das causas estavam relacionadas à manutenção incorreta dos equipamentos, 46% a problemas de desempenho funcional, 26% à manipulação (uso) incorreta dos instrumentos (não havia problemas técnicos) e 7% relacionados a outros fatores (ANVISA, 2003).

Em contexto nacional, o Brasil é hoje um dos líderes mundiais no mercado de saúde. De acordo com dados de 2009 do CNES (apud SOUZA, HERINGER, *et al.*, 2010), o Brasil conta com mais 200.000 unidades de atendimento espalhadas por todo o território nacional, públicas e particulares; sendo São Paulo o estado polo em prestação de serviços na área da saúde, contemplando um total de 48.719 EAS. Segundo o jornal O Estado de São Paulo (CHADE, 2015), em 2015, os gastos em saúde no Brasil foram de 512 dólares internacionais

per capita – um total de 97,6 bilhões de dólares investidos à saúde brasileira (de acordo com o censo de 2010 do IBGE). Uma pesquisa realizada recentemente pelo Instituto Coalizão Saúde, e publicada pelo jornal O Valor Econômico (GUIMARÃES, 2017), apontou que os gastos em saúde no Brasil poderão subir de atuais 9% do PIB brasileiro (143,5 bilhões de dólares) para 20% ou 25% em 2030. Embora ainda não se tenha estatísticas concretas a respeito do número total de acidentes dentro de EAS brasileiros e dos gastos envolvidos com os mesmos, sabe-se que muito está relacionado a falhas de instrumentos elétricos. O Sistema Nacional de Notificações para a Vigilância Sanitária (NOTIVISA) e a Tecnovigilância são programas coordenados pela ANVISA para recebimento e divulgação de incidentes, eventos adversos e queixas técnicas relacionadas ao uso de produtos e de serviços sob o regime de vigilância sanitária (ANVISA, 2017a; ANVISA, 2017b). Alguns alertas a respeito de choques elétricos:

Alerta 322 – Em 2 de Novembro de 2001, a empresa X1 notificou a ANVISA que alguns modelos de Camas Pneumáticas apresentaram defeito de fabricação e que receberam diversas reclamações a respeito de condutores elétricos que superaqueceram, derreteram e causaram choques elétricos aos usuários (ANVISA, 2017b).

Alerta 742 – Em 17 de Setembro de 2003, uma enfermeira notou o surgimento de queimaduras no dedo de um paciente submetido a terapia intensiva no hospital X2. O dedo lesionado estava acoplado ao sensor de um Oxímetro de Pulso. Movendo-o para outros dedos, constatou-se novas lesões. Posteriormente, a equipa técnica do hospital diagnosticou falha na isolamento do sensor de oximetria, que em contato prolongado com o paciente, lhe causava danos por choque elétrico em corrente contínua (c.c.) (ANVISA, 2017b).

Alerta 801 – Em 3 de Dezembro de 2005, a ANVISA foi notificada que diversos pacientes estavam sofrendo choques elétricos enquanto utilizavam alguns equipamentos de Diálise Peritoneal da empresa X3. Investigações do fabricante detectaram curtos-circuitos nos interruptores de todos os produtos da mesma linha (ANVISA, 2017b).

Alerta 1928 – Em 28 de Junho de 2016, manutenções internas identificaram diversas falhas de descontinuidade de aterramento em alguns componentes de um Sistema de Orientação de Imagens por Ressonância Magnética Intra-operatória, o que propiciava sérios riscos de choque elétrico aos operadores do equipamento (ANVISA, 2017b).

Alerta 2252 – Em 29 de Março de 2017, a empresa fabricante X4 recebeu diversas reclamações de clientes alegando sofrer choques elétricos ao operar um determinado

equipamento de Angiografia. Análises do fabricante detectaram o vazamento do líquido refrigerador em alguns componentes elétricos do sistema (ANVISA, 2017b).

Alerta 2315 – Em 14 de Junho de 2017, a ANVISA foi notificada que diversos equipamentos Processadores de Tecidos da empresa X5 estavam superaquecendo, entrando em combustão e causando choques elétricos. Investigações internas diagnosticaram que tais equipamentos continham informações técnicas erradas. A tensão de alimentação rotulada nos aparelhos informava 125 Vc.a., mas a perícia técnica constatou que a alimentação nominal dos aparelhos era 30Vc.a (ANVISA, 2017b).

1.2 Objetivo

Conforme apresentado, o choque elétrico é um acidente que ainda hoje é comumente vivenciado no ambiente clínico e médico. Diversas são as consequências do choque, podendo causar desde pequenas lesões e queimaduras na superfície da pele a danos mais profundos e severos, comprometendo a funcionalidade de diversos órgãos e sistemas do corpo humano. Além de causar prejuízos a saúde e a integridade física do envolvido, alguns acidentes dão origem a ações legais movidas contra as empresas fabricantes dos instrumentos e/ou contra o estabelecimento assistencial de saúde, causando prejuízo financeiro às empresas.

Com o contínuo advento de equipamentos eletromédicos de maior complexidade, onde muitos expõem o paciente e/ou o operador a situações de grande risco, faz-se necessária uma constante atualização dos requisitos de manutenção e segurança do EAS, bem como a adequação da infraestrutura predial e das instalações elétricas. Embora tenham sido desenvolvidas diversas normas e regulamentações a respeito de medidas, meios e dispositivos de proteção que devem ser aplicados para certificação da qualidade da segurança elétrica hospitalar, muitos profissionais relatam dificuldade para interpretar os documentos normativos, alegando serem demasiadamente extensos e compostos por um excesso de termos técnicos e expressões confusas e incompreensíveis; o que dificulta, em muito, a total adaptação dos EAS aos novos conceitos e exigências regulamentares, de forma que muitos ainda encontram-se desatualizados e desprovidos da proteção necessária, expondo seus ambientes a uma variedade de riscos elétricos.

Com base nessas duas realidades, o objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão dos diversos padrões, normas, regulamentos, leis, resoluções e instruções normativas vigentes em todo o território brasileiro; desenvolvendo um documento geral, menos técnico e mais informativo, contemplando as principais e gerais medidas de segurança e meios de proteção

exigidos; auxiliando e guiando gestores de EAS e gerentes do setor de Engenharia Clínica e de Engenharia Hospitalar em uma correta e efetiva administração e certificação da Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar; garantindo segurança aos pacientes, ao gestor, aos gerentes, aos funcionários, aos visitantes, a terceiros e a todo o patrimônio empresarial. Além disto, o trabalho aconselha a utilização de alguns dispositivos de proteção e a aplicação de algumas medidas de segurança facultativas para maximização da segurança elétrica. Contudo, para efetiva promoção e conservação da segurança, não basta ao EAS apenas aplicar os elementos de proteção aqui expostos, é necessário exercer um contínuo e qualificado gerenciamento dos mesmos; aplicando técnicas administrativas e de manutenção eficientes, proporcionadas por uma adequada política de manutenção e segurança.

1.3 Apresentação do Conteúdo

O Capítulo 2 (SEGURANÇA EM SERVIÇOS DE SAÚDE) apresenta uma visão geral das atuais medidas, leis, normas e regulamentos exigidos para uma efetiva gestão e manutenção do desempenho e da segurança de todos as pessoas e dos instrumentos presentes no estabelecimento assistencial de saúde, contemplado os pacientes; os envolvidos na função direta e indireta da prestação de serviços de saúde, incluindo o gestor do EAS, gerentes de cada setor, funcionários – médicos, enfermeiros, engenheiros, equipes técnicas, clínicas, administrativas, de limpeza, entre outros; familiares dos pacientes; demais pessoas que diariamente circulam pelo EAS, como visitantes, técnicos, fornecedores e representantes de empresas fabricantes ou terceirizadas; e todo o patrimônio empresarial, incluindo os equipamentos medico-assistências, equipamentos não-médicos, máquinas, aparelhos, móveis, acessórios, procedimento, infraestrutura predial, hidráulica, mecânica e elétrica – instalações elétricas. O capítulo também define alguns conceitos importantes que são largamente utilizados ao longo do trabalho, como “risco”, “segurança” e “manutenção”, além de apresentar e descrever suas divisões e subdivisões.

Antes de aprofundar o trabalho e apresentar mais especificamente alguns meios, dispositivos e medidas adotadas para promoção da segurança elétrica contra choques elétricos aplicados à infraestrutura elétrica hospitalar e aos diversos equipamentos eletromédicos, é preciso introduzir e descrever todas as propriedades e parâmetros que caracterizam um evento de choque elétrico, investigando todas as variáveis presentes no momento do contato direto e indireto do corpo humano com a eletricidade, fundamentalmente responsáveis por definir a gravidade dos danos causados pelo acidente e altamente necessários para delimitação dos meios mais corretos e eficazes para a sua prevenção. Sendo assim, o Capítulo 3 (CHOQUE

ELÉTRICO) apresenta uma revisão de diversas literaturas a respeito do tema, exibindo e descrevendo cada um dos princípios que compõem e caracterizam a corrente elétrica causadora do choque elétrico, incluindo intensidade, frequência do sinal, local de aplicação, tempo de aplicação, densidade, caminho percorrido e efeito de espraçamento; bem como os diversos efeitos fisiologicamente danosos consequentes da passagem da corrente pelas células, tecidos, órgãos e sistemas do corpo humano. Ao final, são apresentadas diversas situações de risco que podem colocar os pacientes, a equipe clínica e todas as demais pessoas em contato acidental com condutores potencialmente diferentemente energizados, submetendo-os ao choque elétrico.

Para melhor apresentação do conteúdo principal deste trabalho, os meios de proteção e as medidas de segurança adotadas, para certificação da Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar contra os diversos riscos de choque elétrico, foram divididos em dois grupos de instrumentos: proteção aplicada às instalações elétricas; e proteção aplicada aos equipamentos eletromédicos. O Capítulo 4 (INFRAESTRUTURA E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS HOSPITALARES) dá início às apresentações. Neste capítulo são expostos todos os meios básicos e supletivos de proteção essencialmente necessários para manutenção e asseveração da segurança elétrica aplicada à infraestrutura elétrica predial e às instalações elétricas gerais de cada local, ambiente, setor ou departamento do EAS; garantindo não somente proteção às pessoas contra os riscos do choque elétrico como, fundamentalmente, segurança a todo o patrimônio material da empresa, incluindo os elementos que compõem as instalações e a edificação (elementos imóveis) como, por exemplo, cabos condutores vivos e condutores de proteção dos circuitos de alimentação, entre outros cabos condutores; armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas; tubulações metálicas de água, gás e esgoto; eletrodos e malhas de aterramento; parte de telecomunicação; parte de iluminação; parte de refrigeração; sistemas de sinalização de emergência; sistemas de alimentação de emergência; transformadores, retificadores, filtros de linha e reguladores; relés, interruptores e tomadas de corrente; dentre tantos outros elementos condutivos, equipamentos, aparelhos e dispositivos fixos que integram a infraestrutura empresarial; bem como todo os elementos móveis que, por isto, não são fixos à instalação, como aparelhos, equipamentos, dispositivos e acessórios mecânicos, elétricos, eletrônicos e eletromédicos e todo o mobiliário com parte condutiva (conectados ou não a uma tomada para acesso a um circuito de alimentação elétrica).

Além de expor os meios de proteção elétrica essenciais à infraestrutura e a instalação, o Capítulo 4 apresenta os meios de proteção adicionais e algumas medidas de segurança que

devem compulsoriamente ser aplicadas às instalações elétricas de determinados locais do EAS, locais onde a segurança deve ser otimizada, necessitando de meios complementares de proteção. Ainda, o capítulo recomenda alguns meios, medidas e caminhos adicionais para maximizar a Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar no combate aos riscos de choque elétrico.

Por fim, o Capítulo 5 (EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS) dedica-se a apresentar os diversos parâmetros, princípios, estruturas, componentes, dispositivos, meios e medidas de proteção padronizados, regulamentados, exigidos e fiscalizados por órgãos competentes; que devem ser aplicados a todos os equipamentos eletromédicos para proteção contra choques elétricos. Esta ação é necessária para fornecer toda a segurança elétrica legal na prestação de serviços de saúde, contemplando o paciente submetido a aplicação funcional dos equipamentos; o operador e a equipe médica e clínica responsáveis pela manipulação dos instrumentos; outras pessoas presentes no ambiente do paciente durante a aplicação funcional dos equipamentos; e as equipes técnicas de manutenção, de administração, de limpeza e outras, que entram necessariamente em contato com os equipamentos para exercício de sua atividade técnica. Contudo, este último capítulo é mais abrangente. Além de apresentar todo o conhecimento a respeito dos meios de proteção e das medidas de segurança gerais, o capítulo expõe diversas medidas e ações que contribuem indiretamente para a qualidade do gerenciamento da política de manutenção e segurança, envolvendo princípios de classificação adequada dos equipamentos; uma metodologia para correta aquisição das tecnologias; a fundamental necessidade de capacitar e treinar periodicamente as equipes médicas, clínicas e técnicas; entre outros fatores.

2 SEGURANÇA EM SERVIÇOS DE SAÚDE

Nas últimas décadas, a evolução em Engenharia proporcionou um grande crescimento da infraestrutura e dos equipamentos utilizados na prática médica, fortalecendo os serviços de assistência à saúde. O avanço tecnológico e a incorporação de equipamentos de média e alta complexidade revolucionaram os procedimentos de auxílio a diagnóstico e tratamento de enfermidades. Contudo, a admissão dos novos e modernos equipamentos também ampliou a quantidade de riscos por todo o estabelecimento, tornando necessária a adequação das medidas e meios de proteção para manutenção da segurança dos trabalhadores e dos clientes da empresa – os pacientes (SOUZA, HERINGER, *et al.*, 2010).

Para isto, o gestor de EAS, hoje, precisa ter fundamentos que vão além da gestão empresarial, envolvendo áreas do conhecimento que passam pelas premissas de Engenharia básica (Civil, Elétrica, Hidráulica, Mecânica, Eletrônica etc) e estendem-se ao universo da Engenharia Biomédica, Engenharia Clínica, Engenharia Hospitalar, Engenharia de Segurança e Engenharia de Manutenção (SOUZA, HERINGER, *et al.*, 2010). O gestor necessita ainda ter domínio de ferramentas de auxílio à gestão de tecnologias e pessoas, além de administrar a unidade de saúde atendendo às exigências regulamentares e legais nacionais e regionais. Sem tais conhecimentos ou sem o auxílio de pessoas especializadas em tais conhecimentos, como são os gerentes do setor de Engenharia Clínica e Hospitalar; o gestor pode tomar decisões errôneas que produzem resultados de baixo custo-efetividade e que são, em muitas vezes, largamente dispendiosas.

De acordo com a ANVISA, o principal objetivo de EAS é “[...] a prestação de serviços na área da saúde, com qualidade, eficiência e eficácia” (ANVISA, 2003, p. 4). Com a inserção das novas tecnologias e o aumento dos riscos no ambiente assistencial, tal objetivo pode somente ser alcançado por meio da administração efetiva de uma política de manutenção e segurança, que além de proporcionar assistência médica imediata e qualificada, permite um adequado gerenciamento dos riscos, promovendo condições ambientais mais seguras aos pacientes, gerentes, funcionários e demais pessoas que por lá diariamente circulam. Além disto, tal medida garante preservação e longevidade da infraestrutura hospitalar e do patrimônio empresarial (ANVISA, 2003; KARMAN, 2011).

Contudo, para total efetividade do programa de manutenção e segurança, é fundamental definir e satisfazer todos os requisitos legais que afetam as atividades de prestação de serviços de saúde, envolvendo não só as legislações municipais, estaduais e federais, mas também as

regulamentações normativas e resoluções da ANVISA e de demais agências e entidades de classe públicas vinculadas a órgãos federais do poder executivo como, por exemplo, o Ministério da Saúde, o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério do Trabalho.

Para apresentação de todo o conteúdo introduzido, este capítulo é subdividido nos seguintes tópicos:

- Gestão de Manutenção e Segurança;
- Normalização, Legislações e Obrigatoriedades para Segurança;
- Tipos de Segurança Hospitalar; e
- Considerações Finais e Conclusão.

3 CHOQUE ELÉTRICO

O ser humano é composto por certos tecidos que, em condições normais, possuem propriedades que protegem as estruturas internas do organismo contra o ambiente elétrico externo. A epiderme, tecido com grande propriedade resistiva, reveste todo o corpo humano criando uma forte barreira contra o fluxo de corrente elétrica. Segundo Wiley (2006a, v. 2, p. 1205, tradução nossa), “[...] esta proteção natural talvez tenha sido o ponto fundamental que permitiu a sociedade utilizar tão intensivamente a eletricidade em seu benefício”. No entanto, sob certas condições, o ser humano pode tornar-se parte de um circuito elétrico e sofrer diversos tipos de danos causados pelo acidente denominado “choque elétrico” (WILEY, 2006a).

Segundo à IEC 60050:2004 – *International Electrotechnical Vocabulary - Part 826: Electrical Installations*, que substitui a cancelada a brasileira ABNT NBR IEC 50-826:1997, choque elétrico é “[...] um feito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica através de um corpo humano ou de um animal” (IEC, 2004, tradução nossa). De acordo com Kindermann (2005, p. 5), o choque elétrico é uma “[...] perturbação da natureza com efeitos diversos que se manifesta no organismo humano ou animal quando este é percorrido por uma corrente elétrica”.

O acidente de choque elétrico ocorre quando o corpo humano torna-se parte de um circuito elétrico, de modo que a corrente entra por uma extremidade, percorre certa distância e sai do organismo por um outro ponto do corpo. A amplitude da corrente elétrica é igual à diferença de potencial aplicada nas extremidades do corpo dividida pela soma das bioimpedâncias (impedância do tecido biológico) em série dos tecidos que compõem o caminho por onde a corrente circula (WEBSTER, 2009). Esta relação é estabelecida pela Lei de Ohm que determina que, quanto maior for a diferença de potencial elétrico aplicada às extremidades do corpo e quanto menor for a bioimpedância do caminho por onde circula a corrente, maior será a magnitude do choque elétrico. Os danos resultantes deste tipo de acidente elétrico podem variar desde pequenas dores momentâneas a feridas extensas, podendo prejudicar múltiplos sistemas no organismo (BRASIL, 2002). Para apresentação de todas as características, princípios e efeitos fisiológicos que envolvem o acidente de choque elétrico, este capítulo é subdividido nos seguintes tópicos:

- Efeitos Fisiológicos do Choque Elétrico;
- Parâmetros de Suscetibilidade;
- Riscos de Choque Elétrico; e

- Considerações Finais e Conclusão.

4 INFRAESTRUTURA E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS HOSPITALARES

A segurança elétrica tem a função de exercer uma série de medidas de prevenção a acidentes associados com o uso da eletricidade. Em estabelecimentos assistenciais de saúde, essa modalidade de segurança é comumente denominada por “Segurança Elétrica Hospitalar”, e seu gerenciamento busca garantir o bom uso e a manutenção eficiente de sistemas elétricos por toda a unidade assistencial, a fim de proteger trabalhadores, visitantes, pacientes e patrimônios da instituição contra qualquer tipo de acidente envolvendo a eletricidade, seja ele causado por sobretensões, sobrecorrentes, correntes de sobrecarga, curtos-circuitos ou contatos direto e indireto com a eletricidade – choque elétrico (ABNT, 2008; ANVISA, 2003).

O capítulo anterior, CHOQUE ELÉTRICO, apresentou as consequências da interação da eletricidade com o corpo humano, tornando evidente a necessidade de diminuir seus riscos. Para tanto, a empresa é obrigada a fornecer todos os meios necessários e exigidos para manutenção e certificação da segurança elétrica por todo o estabelecimento assistencial, incluindo a instalação de dispositivos de proteção e a adoção de medidas técnicas, administrativas, de construção, de instalação e de conservação dos instrumentos para otimização funcional dos elementos de proteção e maximização da Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar contra os riscos de choque elétrico.

Sendo assim, este capítulo destina-se a apresentar políticas, meios de proteção e medidas de segurança gerais aplicados à infraestrutura e às instalações elétricas de baixa tensão de edificações voltadas à assistência à saúde da população, elementos exigidos por normas técnicas e leis nacionais para combate ao choque elétrico; com qualidade e efetividade garantidas pelo programa de manutenção e segurança empresarial, administrado pelo gestor do EAS e pelos gerentes do Setor de Engenharia Clínica e Engenharia Hospitalar, com exercício das equipes técnicas de manutenção e suporte internos e auxílio e prestação de serviços de empresas terceirizadas.

Para tanto, o capítulo baseia-se, principalmente, nas seguintes normas técnicas gerais:

- a) ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- b) ABNT NBR 13534:2008 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Requisitos Específicos para Instalação em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde.

De acordo com a Portaria MS/SVS n.º 2.662, de 22 de Dezembro de 1995, “[...] Os novos projetos de engenharia de instalações elétricas, de reforma ou de ampliação de estabelecimentos assistenciais de saúde, deverão adotar [...] as prescrições da norma técnica brasileira NBR 13.534”. Ainda segundo a Portaria, “[...] A inobservância às prescrições da NBR 13.534, constitui infração à legislação sanitária federal, conforme dispõe o inciso II do artigo 10 da Lei n.º 6.437, de 20 de [Agosto] de 1977” (BRASIL, 1995, p. 1). A NBR 13534 é complementar a NBR 5410 (ABNT, 2008). Juntas, portanto, elas têm o objetivo de estabelecer condições de segurança elétrica que devem compulsoriamente ser satisfeitas pelas instalações elétricas de todo EAS brasileiro.

Deve estar claro que o objetivo deste capítulo é a apresentação dos elementos de segurança elétrica gerais, estabelecidos nas normas citadas acima. Contudo, é fundamental que exigências de segurança específicas, estabelecidas por normas técnicas particulares e aplicadas a ambientes específicos, também sejam satisfeitas. Para apresentação de todo o conteúdo, este capítulo é subdividido nos seguintes tópicos:

- Classificação dos Locais Médicos;
- Meios de Proteção e Medidas de Segurança contra Choques Elétricos;
- Esquemas de Aterramento em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde;
- Ensaios Técnicos para Avaliação de Desempenho e Segurança; e
- Considerações Finais e Conclusão.

5 EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS

A história da medicina nada mais é do que a história do ser humano tentando melhor entender e tratar as diversas doenças e lesões que ocasionalmente o acomete ou aflige seus companheiros. Com maior conforto e empatia, o cuidado médico oferece meios cada vez mais eficazes para diagnosticar e combater malignidades. Isto deve-se muito ao assessoramento de equipamentos elétricos no campo da medicina, instrumentos que hoje são comumente denominados por “equipamentos eletromédicos”, “equipamentos médico-hospitalares” ou, ainda, “equipamentos medico-assistências” (ANVISA, 2017c; BRASIL, 2002).

Durante a segunda metade do século passado, mais precisamente pós Segunda Grande Guerra Mundial (1939-1945), houve significativo aumento no uso de equipamentos elétricos para fins clínicos e de pesquisa, algo que permitiu a ciência desvendar ainda mais sobre o funcionamento e a saúde do corpo humano. Este avanço se fez possível devido a incorporação de muitas das tecnológicas desenvolvidas e utilizadas na Segunda Guerra e às várias inovações obtidas no cenário da Guerra Fria (1945-1991), em especial, durante a corrida espacial (CARVALHO, 2008; STREET, 2008).

Os adventos do século XX foram enormes. No entanto, a evolução de tecnologias em saúde é crescente e os EAS continuamente incorporam os novos equipamentos e procedimentos. Com isto, a energia elétrica que antes era tão somente consumida para o funcionamento básico da unidade (luz, aparelhos de limpeza, ventilação, refrigeração, comunicação, etc) torna-se essencial nas atividades de assistência e promoção à saúde, o que permite a utilização de técnicas mais eficientes no monitoramento, análise, diagnóstico e tratamento de pacientes, fortalecendo o combate a enfermidades e minimizando o risco de sequelas (KINDERMANN, 2005; WEBSTER, 2009).

Contudo, o crescimento dos equipamentos médico-assistenciais não só trouxe muitos benefícios para os serviços em saúde como, inevitavelmente, também aumentou os riscos inerentes ao uso da eletricidade, mais especificamente, a acidentes envolvendo choques elétricos (KINDERMANN, 2005). Isto se dá pelo fato de que, à medida que os aparelhos tornam-se cada vez mais complexos, aumenta-se o nível de exposição do paciente, como em procedimentos invasivos, o que consequentemente proporciona um cenário mais propício a ocorrência de acidentes. Ainda que o paciente seja o objeto alvo de utilização dos equipamentos eletromédicos, circunstancialmente, a própria equipe médica, de manutenção, funcionários e demais pessoas presentes no ambiente do equipamento ficam sujeitas aos riscos do choque

elétrico, ocasionados por falhas mecânicas ou erros operacionais. Tais situações obrigam fabricantes, arquitetos, engenheiros, técnicos e equipes de manutenção a se precaverem e a recorrerem a diferentes recursos de segurança (KARMAN, 2011).

O objetivo principal deste capítulo é a apresentação dos diversos parâmetros estruturais e operacionais de segurança característicos de equipamentos eletromédicos, revisando normas e regulamentos exigidos pela ANVISA que certificam a conformidade dos meios de proteção e das medidas de segurança aplicadas para promoção da Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar. Contudo, este capítulo é mais abrangente, expondo diversas medidas e ações que indiretamente contribuem para a qualidade da política de manutenção e segurança, incluindo princípios de classificação dos equipamentos, uma metodologia de aquisição, a aplicação de treinamentos e capacitação, entre outros fatores. Para apresentação de todo o conteúdo introduzido, este capítulo é subdividido nos seguintes tópicos:

- Classificação de acordo com a Finalidade Clínica;
- Estrutura dos Equipamentos Eletromédicos em Geral;
- Normas Técnicas em Segurança e Desempenho;
- Classificação de acordo com a Segurança Elétrica;
- Meios de Proteção e Medidas de Segurança contra Choques Elétricos;
- Ensaios Técnicos para Avaliação de Desempenho e Segurança;
- Aquisição, Averiguação, Treinamento e Manutenção;
- Certificação de Conformidade; e
- Considerações Finais e Conclusão.

6 CONCLUSÃO

O gerenciamento da Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar tem por objetivo manter a qualidade e a segurança elétrica dos pacientes, do gestor do EAS, dos gerentes e funcionários de cada setor, dos familiares dos pacientes, das pessoas que diariamente circulam pelo EAS, dos elementos condutivos da infraestrutura predial, das instalações elétricas, dos equipamentos eletromédicos, dos equipamentos elétricos não-médicos; enfim, de todas as pessoas e todos os materiais presentes na empresa, protegendo-os contra qualquer acidente elétrico.

Dentre os acidentes envolvendo o uso incorreto da eletricidade, o choque elétrico se faz o pior. São diversos os efeitos fisiológicos causados pela interação da corrente elétrica com o tecido biológico e, conseqüentemente, variada a gravidade dos danos aos órgãos e sistemas do corpo humano. Em se tratando de estabelecimentos assistenciais de saúde – empresas onde parte das pessoas encontram-se lesionadas, enfraquecidas, debilitadas e com a saúde ou a vida sustentada por mecanismos de suporte, mais rígidas devem ser as medidas e os meios adotados para combater os riscos associados ao evento de choque elétrico. Por isto, diversos são os conhecimentos em Engenharia aplicados à Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar.

Os esforços para alcançar e manter a qualidade da manutenção e da segurança contra choques elétricos resultaram em diversos parâmetros, componentes, estruturas, dispositivos e meios de proteção; bem como padrões, princípios, valores, conceitos, técnicas, comportamentos e medidas de segurança; aplicados à infraestrutura predial, às instalações elétricas dos diversos ambientes assistências e aos equipamentos elétricos e eletrônicos, médicos e não-médicos. Tais elementos são exigidos por leis municipais, estaduais e federais; e por agências, institutos e entidades de classe vinculados a órgãos executivos do governo federal, que além de estabelecer normas, regulamentos, resoluções e instruções normativas, fiscalizam o cumprimento e a conformidade de tais exigências.

Por isto é fundamental que o gestor do EAS e os gerentes do setor de Engenharia Clínica e Engenharia Hospitalar comandem as equipes técnicas na aplicação correta dos variados meios de proteção e na execução adequada das diversas medidas de segurança contra choques elétricos, além de gerenciá-los continuamente por meio da política de manutenção e segurança empresarial; certificando não só que as exigências estejam sendo cumpridas, mas que os trabalhos estejam sendo exercidos com eficiência e efetividade, otimizando a qualidade da Manutenção e Segurança Elétrica Hospitalar.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462 - Confiabilidade e manutenibilidade**, Rio de Janeiro, 1994.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão**, Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13534 - Instalações elétricas para estabelecimentos assistenciais de saúde: Requisitos de segurança**, Rio de Janeiro, 2008.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Institucional**, 2014. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 2 Maio 2017.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 60601-1 - Equipamentos Eletromédicos Parte 1: Requisitos Gerais para Segurança Básica e Desempenho Essencial + EMENDA1:2016**, Rio de Janeiro, 2016.

ACCE. **American College of Clinical Engineering**, 2016. Disponível em: <accenet.org>. Acesso em: 24 Junho 2017.

ANGELAKOS, D. J.; HOPKIN, A. M.; WHINNERY, J. R. Charles Dalziel, Electrical Engineering and Computer Sciences. **California Digital Library**, 2011. Disponível em: <www.goo.gl/rQw3Qf>. Acesso em: 5 Fevereiro 2017.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC n.º 56, de 6 de Abril de 2001**, Brasília, 2001.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC n.º. 50, de 21 de Fevereiro de 2002**, Brasília, 2002.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Segurança no Ambiente Hospitalar**, Brasília, 2003.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC n.º. 27, de 21 de Junho de 2011**, Brasília, 2011.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **NOTIVISA - Sistema de Notificações em Vigilância Sanitária**, 2017a. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/hotsite/notivisa/index.htm>. Acesso em: 18 Julho 2017.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alertas de Tecnovigilância**, 2017b. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/sistec/alerta/consultaralerta.asp>. Acesso em: 18 Julho 2017.

ANVISA. Alertas de Tecnovigilância. **Alertas de Ocorrência de Choque Elétrico**, 2017b. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/sistec/alerta/consultaralerta.asp>. Acesso em: 18 Julho 2017.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portal ANVISA**, 2017c. Disponível em: <www.portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 19 Julho 2017.

ARANDA. Revista Eletricidade Moderna. **Guia EM da NBR 5410**, São Paulo: Ed. Aranda, Dezembro 2001. 39 - 101 p.

BALS. Bals Elektrotechnik. **Catálogo Principal de Plugs e Tomadas**, Kirchhundem-Albaum, 2014. Disponível em: <www.bals.com>. Acesso em: 25 Junho 2017.

BENDER. DRI Bender - Soluções Elétricas Inteligentes. **Sistema IT Médico**, 2017. Disponível em: <www.rdbender.com.br>. Acesso em: 10 Junho 2017.

BESKOW, W. B. **Estudo Preliminar do Processo de Qualificação de Equipamentos eletromédicos**: Uma abordagem em Engenharia Clínica. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 132 p.

BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**, Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria DNSST n.º 5, de 17 de Agosto de 1992**, Brasília, DF, 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS/SVS n.º 2.662 de, 22 de Dezembro de 1995**, Brasília, DF, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção**, Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 6 - Equipamento de proteção Individual - EPI**, Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes**, Brasília, DF, 2011a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 26 - Sinalização de Segurança**, Brasília, DF, 2011b.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 32 - Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde**, Brasília, DF, 2011c.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 529, de 1 de Abril de 2013**, Brasília, DF, 2013a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução - RDC n.º 36, de 25 de Julho de 2013**, Brasília, DF, 2013b.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**, Brasília, DF, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Instrução Normativa - IN n.º 4, de 24 de Setembro de 2015**, Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 4 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho**, Brasília, DF, 2016a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletrecidade**, Brasília, DF, 2016b.

CARVALHO, L. C. **Instrumentação Médico-Hospitalar**. 1. ed. Barueri: Manole, 2008.

CHADE, J. O Estado de São Paulo. **Gasto público do Brasil com saúde é inferior à média mundial**, São Paulo, 13 de Maio 2015.

DALZIEL, C. F. **Electric Shock. Advances in Biomedical Engineering**. Geneva: Academic Press, 1973.

DOBES, M. I. **Estudo em Instalações Elétricas Hospitalares para Segurança e Funcionalidade de Equipamentos Eletromédicos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

FLUKE. Fluke Biomedical. **ESA620 Electrical Safety Analyzer - Users Manual**, Everett, Janeiro 2008.

FLUKE. Fluke Biomedical. **Electrical Safety Test Equipment**, 2017. Disponível em: <www.flukebiomedical.com>. Acesso em: 5 Julho 2017.

FREIBERGER, H. **Der Elétrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen Technischen Gleich-und Wechselstrom**. Berlin: Verlag Julius Springer, 1934.

GEWEHR, P. M. **Riscos de Choques Elétricos Presentes no Ambiente Médico-Hospitalar: Avaliação e Prevenção**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1983.

GODOI, C. M. D. **Metodologia para a Classificação de Equipamentos Médico-Hospitalares no Hospital de Clínicas de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

GUIMARÃES, L. O Valor Econômico. **Gasto com saúde no Brasil pode chegar a um quarto do PIB, diz estudo**, São Paulo, 11 de Abril 2017.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12. ed. Philadelphia: Elsevier, 2011. 59 - 72, 107 - 124, 159-162 p.

HEIN, M. **Segurança Elétrica em Ambiente Hospitalar**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1996.

IEC. International Electrotechnical Commission. **60050-826 - International Electrotechnical Vocabulary - Part 826: Electrical installations**, 2. ed., Geneva, 2004.

IEC. International Electrotechnical Commission. **IEC 61140 - Protection Against Electric Shock - Common Aspects For Installation And Equipment**, 4ª ed., Geneva, 2016.

IEC. International Electrotechnical Commission. **About the IEC**, 2017. Disponível em: <www.iec.ch>. Acesso em: 1 Maio 2017.

IET. The Institution of Engineering and Technology. **Guidance Note 5: Protection Against Electric Shock**, Londres, 2015.

ISO. International Organization for Standardization. **Friendship Among Equals: Recollections from ISO's first fifty years**, 1 ed., Geneva, 1997.

ISO. International Organization for Standardization. **All about ISO**, 2017. Disponível em: <www.iso.org>. Acesso em: 21 Maio 2017.

KARMAN, J. B. **Manutenção e Segurança Hospitalar Preditivas**. 1. ed. São Paulo: Estação Liberdade, 2011. 39 - 109, 175 - 226 p.

KHANDPUR, R. S. **Biomedical Instrumentation: Technology and Applications**. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 2004. 486 - 503, 728 - 742 p.

KINDERMANN, G. **Choque Elétrico**. 3. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

LEE, R. C.; CARVALHO, E. G.; BURKE, J. F. **Electrical Trauma: The Pathophysiology, Manifestations and Clinical Management**. Chicago: Cambridge University Press, 1992.

MARRONI, A. C. **Guia de Adequação de Equipamentos Eletromédicos à Norma NBR IEC 60601-1**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2006.

MCWILLIAM, R. C. **BSI: The First Hundred Years. 1901-2001. A Century of Achievement**. 1. ed. Londres: Institution of Civil Engineers, 2001.

PING, W. East-West Center Working Papers. **A Brief History of Standards and Standardization Organizations A Chinese Perspective**, Hawaii, Economics Series, nº. 117, Abril 2011.

POSITIVO, E. (Ed.). **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 5. ed. Curitiba: Editora Positivo, 2010.

REBONATTO, M. T. **Método para Análise de Correntes Elétricas de Equipamentos Eletromédicos em Procedimentos Cirúrgicos e Detecção de Periculosidade aos Pacientes**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2015.

ROY, O. Z. Summary of cardiac fibrillation thresholds for 60 Hz currents and voltages applied directly to the heart. **Medical and Biological Engineering and Computing**, v. 18, p. 657-659, September 1980.

ROY, O. Z. et al. Effects of Short-duration Transients on Cardiac Rhythm. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 22, p. 225-258, Maio 1984.

SCHINZINGER, R.; MARTIN, M. W. **Introduction to Engineering Ethics**. 1. ed. New York: McGraw Hill, 2000.

SIEMENS. Siemens Ltda. Componentes para instalações elétricas industriais, comerciais e prediais. **Catálogo de Mini-disjuntores e Dispositivos DR**, Julho 2004.

SILVA, S. F. D. P. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. 7. ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

SILVA, V. M. D.; SANTOS, M. R. D. **Sistema de Informação Aplicado à Gestão de Manutenção: Um Estudo de Caso Sobre os Impactos da Implantação do SAP/R3 – Módulo PM**. São Paulo: XXXIII EnANDAP, 2009.

SOUZA, A. F. et al. **Gestão de Manutenção em Serviços de Saúde**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

STECK. Steck Ltda. **Catálogo de Comando e Proteção: Mini-Disjuntores e Dispositivos DR**, 2017. Disponível em: <<http://www.steck.com.br/>>. Acesso em: 25 Abril 2017.

STREET, L. J. **Introduction to Biomedical Engineering Technology**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.

UNITED STATES OF AMERICA. U.S. District Court for the Eastern District of Pennsylvania. **Thomas v. American Cystoscope Makers, Inc.**, 414 F. Supp. 255, Filadélfia, Maio 1976.

WEBSTER, J. G. **Medical Instrumentation Application and Design**. 4. ed. New York: Wiley, 2009.

WEG. WEG Electric Corp. **Medical IT - Insulation and ground fault monitoring system**, 2017. Disponível em: <www.weg.net>. Acesso em: 1 Junho 2017.

WHO. World Health Organization. **Statistics Brazil**, 2017. Disponível em: <www.who.int/countries/bra/en/>. Acesso em: 19 Julho 2017.

WILEY. **Encyclopedia of Biomedical Engineering**. 1. ed. New York: Wiley, v. 2, 2006a. 1205 - 1215, 1253 - 1259 p.

WILEY. **Encyclopedia of Biomedical Engineering**. 1. ed. New York: Wiley, v. 3, 2006b. 1789 - 1794 p.